

# Autorità di Sistema Portuale del Mare Adriatico Meridionale

## Porti di Bari, Brindisi, Manfredonia, Barletta, Monopoli

### Ufficio di Brindisi



**COMPLETAMENTO DELLA INFRASTRUTTURAZIONE PORTUALE  
MEDIANTE BANCHINAMENTO E REALIZZAZIONE DELLA RETROSTANTE  
COLMATA TRA IL PONTILE PETROLCHIMICO E COSTA MORENA EST**

## PROGETTO DEFINITIVO

RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO:

Ing. F. DI LEVERANO

Progettisti incaricati:

**ACQUA  
TECNO**

Dott. Ing. RENATO DEL PRETE  
ACQUATECNO S.r.l.  
Via Ajaccio, 14 - ROMA  
(Ing. Renato Del Prete)

**MODIMAR**

MODIMAR S.r.l.  
Via Monte Zebio, 40 - ROMA  
(Ing. Marco Tartaglino)



TITOLO ELABORATO:

**RELAZIONE IDROLOGICA ED IDRAULICA**

ELABORATO N° :

**B.02 03**

CODICE ELABORATO:

**09-017-DR-003-1-IDR**

		ELABORATO	CONTROLLATO	APPROVATO			
SIGLA							
REVISIONE	N.	DATA	DESCRIZIONE	RED.	VER.	APP.	
	1	Luglio 2017	NOTA CONSIGLIO SUPERIORE LL.PP.				
	2						

DATA:

**Luglio 2017**

**Autorità di Sistema Portuale del Mare Adriatico Meridionale**

*Porti di Bari, Brindisi, Manfredonia, Barletta, Monopoli*

Ufficio di Brindisi

**LAVORI PER IL COMPLETAMENTO DELL'INFRASTRUTTURA  
PORTUALE MEDIANTE BANCHINAMENTO E REALIZZAZIONE DELLA  
RETROSTANTE COLMATA TRA IL PONTILE PETROLCHIMICO E  
COSTA MORENA EST**

PROGETTO DEFINITIVO

**RELAZIONE IDROLOGICA - IDRAULICA**

---

PROGETTAZIONE:



**MODIMAR S.r.l.**

VIA MONTE ZEBIO, 40 ROMA



**ACQUA TECNO S.r.l.**

Via Ajaccio 14, ROMA

<b>Autorità di Sistema Portuale del Mar Adriatico Meridionale</b>	<b>Ufficio di BRINDISI</b> LAVORI PER IL COMPLETAMENTO DELL'INFRASTRUTTURAZIONE PORTUALE MEDIANTE BANCHINAMENTO E REALIZZAZIONE DELLA RETROSTANTE COLMATA TRA IL PONTILE PETROLCHIMICO E COSTA MORENA EST	<b>Relazione Idrologica-idraulica</b>					
		09	017	DR	003	1	IDR

## Indice

<b>Capitolo 1</b>	<b>Premessa .....</b>	<b>2</b>
<b>Capitolo 2</b>	<b>Studio idrologico .....</b>	<b>3</b>
	2.1 Stima delle massime precipitazioni.....	3
	2.2 Canale “Fiume Grande” .....	8
	2.3 Calcolo delle portate.....	10
<b>Capitolo 3</b>	<b>Studio idraulico .....</b>	<b>17</b>
	3.1 Compatibilità idraulica delle nuove opere con i corsi d'acqua esistenti .....	17
	3.2 Studio dei flussi idrici tra il Pontile Petrolchimico e Costa Morena Est.....	45

Autorità di Sistema Portuale del Mar Adriatico Meridionale	Ufficio di BRINDISI LAVORI PER IL COMPLETAMENTO DELL'INFRASTRUTTURAZIONE PORTUALE MEDIANTE BANCHINAMENTO E REALIZZAZIONE DELLA RETROSTANTE COLMATA TRA IL PONTILE PETROLCHIMICO E COSTA MORENA EST	Relazione Idrologica-idraulica				
		09	017	DR	003	1

## Capitolo 1 Premessa

---

La presente relazione "idrologica ed idraulica" è redatta ai sensi del:

- l'art.23 del D.Lg.vo n. 50 del 18 Aprile 2016 "Attuazione delle direttive 2014/23/UE, 2014/24/UE e 2014/25/UE sull'aggiudicazione dei contratti di concessione, sugli appalti pubblici e sulle procedure d'appalto degli enti erogatori nei settori dell'acqua, dell'energia, dei trasporti e dei servizi postali, nonché per il riordino della disciplina vigente in materia di contratti pubblici relativi a lavori, servizi e forniture" e degli artt.24 e 26 del DPR n.207 del 5 ottobre 2010;
- le Norme Tecniche di Attuazione del "Piano Stralcio Assetto Idrogeologico (PAI)" approvato dal Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino della regione Puglia con delibera n.39 del 30/11/2005 e pubblicato in Gazzetta Ufficiale n.8 del 11/01/2006.

Il progetto prevede la realizzazione di una cassa di colmata nella area compresa tra il Pontile Petrolchimico e Costa Morena Est e destinata dal Piano Regolatore Portuale vigente al contenimento di sedimenti portuali.

In tale zona sono presenti 4 scarichi a mare di cui due di natura antropica scarico della centrale termo-elettrica EdiPower e scarico della centrale Polimeri Italia, e due naturali relativi agli sbocchi del canale Fiume Grande e del suo canale di sfioro

La presente relazione oltre a trattare degli aspetti prettamente idrologici esamina anche gli aspetti idraulici e più specificatamente:

- la compatibilità idraulica delle nuove opere con i corsi d'acqua naturali esistenti nella area interessata dall'intervento con un modello di ricostruzione dei profili di rigurgito di tipo monodimensionale (art.7 comma 2 delle NTA del PAI);
- le variazioni indotte al campo idrodinamico nel porto esterno di Brindisi a seguito della costruzione della vasca di colmata considerando la presenza degli scarichi a mare, con un modello bidimensionale agli elementi finiti SMS.

Autorità di Sistema Portuale del Mar Adriatico Meridionale	Ufficio di BRINDISI LAVORI PER IL COMPLETAMENTO DELL'INFRASTRUTTURAZIONE PORTUALE MEDIANTE BANCHINAMENTO E REALIZZAZIONE DELLA RETROSTANTE COLMATA TRA IL PONTILE PETROLCHIMICO E COSTA MORENA EST	Relazione Idrologica-idraulica					
		09	017	DR	003	1	IDR

## Capitolo 2 Studio idrologico

Lo studio idrologico è propedeutico alla progettazione delle opere sia di regimazione idraulica relativamente al canale "fiume Grande" che di smaltimento delle acque piovane afferenti al futuro piazzale; vengono inoltre richiamate e riportate le conclusioni di precedenti studi idrologici, eseguiti dall'Autorità di Bacino della regione Puglia in particolare "*Studio per la definizione delle opere necessarie alla messa in sicurezza del reticolo idraulico interessato dagli eventi alluvionali di ottobre e novembre 2005 nelle province di Bari e Brindisi*".

Lo studio idrologico è articolato in :

- analisi delle piogge intense secondo il metodo VAPI (TCEV)
- trasformazione afflussi-deflussi secondo il metodo razionale, metodologia prevista da Ven Te Chow in "Applied Hydrology"
- 

### 2.1 Stima delle massime precipitazioni

#### 2.1.1 Distribuzione TCEV - procedura VAPI

L'adozione della legge TCEV è stata introdotta da Versace, Rossi et alii<sup>1</sup> a seguito della constatazione del fatto che in numerosi pluviometri si sono registrati alcuni eventi assolutamente straordinari, indicati nella letteratura anglosassone come *outliers*. La probabilità di questi eventi è sottostimata da una legge di Gumbel o da una legge log-normale, applicata a tutti i valori registrati.

Secondo l'approccio TCEV i valori estremi di una grandezza idrologica provengono da due diverse popolazioni: una degli eventi normali (componente bassa) ed un'altra dagli eventi eccezionali (*outliers*) legati a differenti fenomeni meteorologici.

La regionalizzazione viene eseguita sulle massime altezze giornaliere  $h_d$ , in modo da utilizzare anche i dati dei pluviometri ordinari, di cui si ha un ampio numero di registrazioni

La distribuzione TCEV si esprime:

$$P_X(x) = e^{-\Lambda_1 e^{-\frac{x}{\Theta_1}} - \Lambda_2 e^{-\frac{x}{\Theta_2}}}$$

dove X è la variabile, x è un generico valore di X e i parametri indicano:

- $\Lambda_1$  e  $\Lambda_2$ : il numero medio annuo di eventi indipendenti superiori a una soglia delle due popolazioni;
- $\Theta_1$  e  $\Theta_2$ : il valore medio dell'intensità degli eventi che appartengono rispettivamente alla componente bassa e alla componente alta.

<sup>1</sup> Rossi, Fiorentino e Versace: "Two Component Extreme Value Distribution for flood frequency analysis"; Water Resour. Res. 22 (2), 1984

Autorità di Sistema Portuale del Mar Adriatico Meridionale	Ufficio di BRINDISI LAVORI PER IL COMPLETAMENTO DELL'INFRASTRUTTURAZIONE PORTUALE MEDIANTE BANCHINAMENTO E REALIZZAZIONE DELLA RETROSTANTE COLMATA TRA IL PONTILE PETROLCHIMICO E COSTA MORENA EST	Relazione Idrologica-idraulica				
		09	017	DR	003	1

Ponendo  $\Theta^* = \Theta_1 / \Theta_2$  e  $\Lambda^* = \Lambda_2 / \Lambda_1^{1/\Theta^*}$  si possono considerare per le successive elaborazioni i 4 parametri  $\Lambda^*$ ,  $\Theta^*$ ,  $\Lambda_1$  e  $\Theta_1$ .

Nel caso delle piogge intense il numero degli eventi straordinari registrati da un singolo pluviometro è molto basso, e ciò rende impossibile una stima efficace dei parametri della componente alta facendo riferimento alle singole serie di osservazioni. È necessario quindi far ricorso a metodi regionali, in modo da utilizzare per la stima dei parametri tutte le osservazioni di una regione pluviometricamente omogenea.

Secondo la procedura proposta da Versace vengono considerati tre livelli di regionalizzazione, individuando:

- al primo livello regioni omogenee rispetto ai parametri  $\Lambda^*$  e  $\Theta^*$ , da cui deriva l'omogeneità anche rispetto al coefficiente di asimmetria;
- al secondo livello zone omogenee anche rispetto al parametro  $\Theta_1$  da cui deriva l'omogeneità anche rispetto al coefficiente di variazione;
- al terzo livello sottozone omogenee rispetto alla dipendenza del parametro  $\Lambda_1$  e quindi della media - da alcune grandezze geografiche locali (quota, distanza dal mare, orientamento dei versanti).

Il modello statistico utilizzato fa riferimento alla distribuzione TCEV (Rossi et al. 1984) con regionalizzazione di tipo gerarchico (Fiorentino et al. 1987). Per l'individuazione delle regioni omogenee di primo e secondo livello si è fatto ricorso a generazioni sintetiche Montecarlo in grado di riprodurre la struttura correlativa delle serie osservate (Gabriele e Iritano, 1994).

L'analisi regionale delle piogge massime annuali è stata eseguita per la Puglia settentrionale da Claps et al., (1994) ed in seguito integrata per il territorio della Puglia centro-meridionale da Castorani e Iacobellis, (2001).

I risultati hanno evidenziato (Castorani e Iacobellis, 2001) che l'intero territorio di competenza del compartimento di Bari del Servizio Idrografico e Mareografico Nazionale risulta diviso, al primo e secondo livello di regionalizzazione, in due sottozone. La prima comprende la Capitanata, il Sub-appennino Dauno, il Gargano e l'Alta Murgia, la seconda include la restante parte del Tavoliere e della Murgia e la penisola Salentina.

L'analisi di terzo livello basata sull'analisi di regressione delle precipitazioni di diversa durata con la quota ha portato alla individuazione, oltre alle quattro zone omogenee in Claps et al. (1994), di altre due zone e delle rispettive curve di possibilità climatica.<sup>(\*)</sup>

Le curve di crescita necessarie per correlare il periodo di ritorno (T) con il coefficiente probabilistico di crescita ( $K_T$ ) sono definite dalla seguente relazione:

$$T = \frac{1}{1 - F_K(k)} = \frac{1}{1 - \exp\left(-\Lambda_1 \cdot e^{-\eta \cdot k} - \Lambda_* \cdot \Lambda_1^{1/\Theta_*} \cdot e^{-\eta \cdot k/\Theta_*}\right)}$$

<sup>(\*)</sup> Tratto da rapporto sintetico sulla Valutazione Piene redatto dal CNR-GNDICI, a cui si rimanda per ogni opportuno approfondimento e confronto.

Autorità di Sistema Portuale del Mar Adriatico Meridionale	Ufficio di BRINDISI LAVORI PER IL COMPLETAMENTO DELL'INFRASTRUTTURAZIONE PORTUALE MEDIANTE BANCHINAMENTO E REALIZZAZIONE DELLA RETROSTANTE COLMATA TRA IL PONTILE PETROLCHIMICO E COSTA MORENA EST	Relazione Idrologica-idraulica				
		09	017	DR	003	1

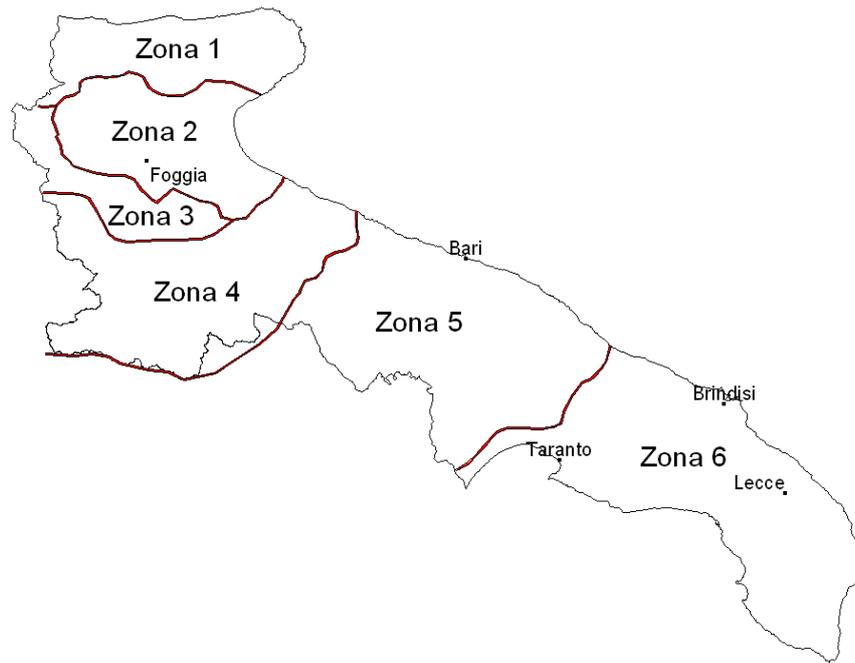


figura 2.1 - Mappa del territorio e suddivisione in sottozone omogenee

Il territorio del comune di Brindisi ricade all'interno della zona 6, dove i parametri della regionalizzazione sono i seguenti:

Zona	1° livello di regionalizzazione		2° livello di regionalizzazione	
	$\Lambda^*$	$\Theta^*$	$\Lambda 1$	$\eta$
Puglia meridionale	0.351	2.121	17.55	4.1053

Nella tabella 2.1 sono riportati, i valori del fattore di crescita  $K_T$  per i periodi di ritorno più comunemente adottati nella pratica progettuale.

tabella 2.1 - Valori di  $K_T$  Puglia Centro-Meridionale

Tempo di ritorno T	5	20	30	50	100	200	500
Coefficiente di crescita $K_T$	1.25	1.81	1.99	2.22	2.56	2.91	3.37

La stima dell'altezza di precipitazione puntuale (terzo livello di regionalizzazione) di durata  $t$  e tempo di ritorno  $T$  si ottiene moltiplicando il fattore di crescita ( $k_T$ ) opportuno con l'altezza indice definita dalla legge a due parametri:

$$m(h_t) = a \times t^n \quad (\text{mm}) \quad (1)$$

dove i parametri "a" ed "n" variano da sito a sito.

L'intera regione è divisa in 6 aree pluviometriche omogenee (vedi figura 2.3) in ognuna delle quali esiste una relazione tra i valori della media della massima altezza annuale di

Autorità di Sistema Portuale del Mar Adriatico Meridionale	Ufficio di BRINDISI LAVORI PER IL COMPLETAMENTO DELL'INFRASTRUTTURAZIONE PORTUALE MEDIANTE BANCHINAMENTO E REALIZZAZIONE DELLA RETROSTANTE COLMATA TRA IL PONTILE PETROLCHIMICO E COSTA MORENA EST	Relazione Idrologica-idraulica				
		09	017	DR	003	1

precipitazione giornaliera  $m(h_g)$  e la quota del bacino rispetto al livello medio marino ( $z - m.s.l.m.$ ):

$$m(h_g) = e^{C \times z + D} \quad (\text{mm})$$

in cui **C** e **D** sono variabili da area ad area.

Considerando che il rapporto ( $\alpha$ ) fra le medie delle piogge giornaliere  $m(h_g)$  e quelle di durata 24 ore  $m(h_{24})$  per serie storiche di pari numerosità è pari 0.89 per la regione Puglia, si ottiene:

$$m(h_t) = a t^{\left(\frac{C \times z + D + \log \alpha - \log a}{\log 24}\right)} \quad (5.1)$$

Per la Penisola salentina relativa alla zona 6, si ottiene la seguente espressione

$$m(h_t) = 33.7 \times t^{\left(\frac{0.488 + 0.0022 \times z}{3.178}\right)} \quad (5.2)$$

Nella tabella seguente sono riportati i valori di "a" in funzione del tempo di ritorno:

Tempo di ritorno T	5	20	30	50	100	200	500
Coefficiente di crescita $K_T$	1.25	1.81	1.99	2.22	2.56	2.91	3.37
Coefficiente "a" (mm)	42.2	61.0	67.0	74.9	86.2	97.9	113.6

Il termine "n" dipende unicamente dalla quota media del bacino ed è pari a:

$$n = (0.488 + 0.0022 \times z) / \ln(24)$$

### 2.1.2 Tempo di pioggia inferiori all'ora

Numerosi studi hanno ampiamente dimostrato che le estrapolazioni delle curve monomie a due parametri (desunte da elaborazioni su piogge multiorarie) alle durate inferiori all'ora non hanno significatività statistica, conducendo a valori eccessivi. In tali casi è possibile adottare una legge intensità-durata-frequenza (I.D.F.) a tre parametri oppure utilizzare due distinte leggi per eventi superiori o inferiori all'ora. Tale secondo approccio, che conduce a risultati assolutamente analoghi, è stato preferito nel seguente progetto.

In tali studi (<sup>2</sup>) è stato accertato che il rapporto tra altezza media di pioggia di 5' e quella della pioggia oraria risulta poco dipendente dalla località e che il valore dell'esponente "n" è indipendente dal tempo di ritorno.

$$\frac{h_t}{h_{60}} = f$$

Avendo indicato con  $f$  un simbolo funzionale. Data l'indipendenza delle piogge brevi da fattori climatici è possibile esprimere il legame funzionale mediante la relazione semplificata:

<sup>2</sup> Calenda – Casentino: "Analisi regionale delle piogge brevi..."; L'Acqua n. 1, 1996

Autorità di Sistema Portuale del Mar Adriatico Meridionale	Ufficio di BRINDISI LAVORI PER IL COMPLETAMENTO DELL'INFRASTRUTTURAZIONE PORTUALE MEDIANTE BANCHINAMENTO E REALIZZAZIONE DELLA RETROSTANTE COLMATA TRA IL PONTILE PETROLCHIMICO E COSTA MORENA EST	Relazione Idrologica-idraulica					
		09	017	DR	003	1	IDR

$$\frac{h_t}{h_{60}} = \left(\frac{t}{60}\right)^n$$

In cui “n” è un coefficiente che assume un diverso valore numerico in dipendenza della zona in esame. Tale valore è pari a 0.227 per la regione Puglia.

### 2.1.3 Scelta della curva di possibilità pluviometrica

L'elaborazione precedente ha consentito di correlare l'altezza di pioggia di durata  $t$  con il tempo di ritorno. In tal modo è possibile valutare il rischio idraulico relativo alla curva di possibilità pluviometrica adottata nel progetto e nel calcolo delle portate per il canale Fiume Grande.

A tal fine si è fatto riferimento alla Norme Tecniche di Attuazione del PAI della Regione Puglia (2005) in cui vengono definite:

- **Area ad alta pericolosità idraulica (A.P.):** porzione di territorio soggette ad essere allagate per eventi di piena con tempo di ritorno inferiore o pari a **30 anni**;
- **Area a media pericolosità idraulica (M.P.):** porzione di territorio soggette ad essere allagate per eventi di piena con tempo di ritorno compreso tra 30 e **200 anni**;
- **Area a bassa pericolosità idraulica (B.P.):** porzione di territorio soggette ad essere allagate per eventi di piena con tempo di ritorno compreso tra 200 e **500 anni**.

Autorità di Sistema Portuale del Mar Adriatico Meridionale	Ufficio di BRINDISI LAVORI PER IL COMPLETAMENTO DELL'INFRASTRUTTURAZIONE PORTUALE MEDIANTE BANCHINAMENTO E REALIZZAZIONE DELLA RETROSTANTE COLMATA TRA IL PONTILE PETROLCHIMICO E COSTA MORENA EST	Relazione Idrologica-idraulica				
		09	017	DR	003	1

## 2.2 Canale "Fiume Grande"

Il bacino imbrifero del fiume Grande ha un'area di circa 33 km<sup>2</sup>, con una forma allungata (parametro di allungamento: 0.35) e la sua asta fluviale si estende per 15 km partendo dalla strada provinciale SP 82 per Mesagne, fino a sfociare nel Mar Adriatico all'interno del porto esterno di Brindisi.

Il bacino imbrifero è costituito nella parte alta da terreni prevalentemente a destinazione agricola (per circa 86% - suddivisi in seminativi, vigneti ed uliveti) e pascolo mentre nel tratto a valle della SP n.88 (tratto finale) da un territorio a destinazione urbana ed industriale (circa il 10%).

In tale zona, a circa 3 km dalla foce, il fiume Grande si congiunge con il suo affluente di destra (area di drenaggio: 5 km<sup>2</sup>) per poi attraversare il centro industriale di Brindisi, costeggiando in destra il nastro trasportatore della centrale Enel di Cerano. Lungo tale tratto il fiume diventa un canale artificiale a forma trapezia con l'alveo di magra rivestito con lastre di cemento.

A circa 2.2 km dalla foce è ubicata l'opera di presa (portata massima derivata: 30 m<sup>3</sup>/s) per le acque ad uso industriale necessarie alle lavorazioni dello stabilimento petrolchimico di Brindisi, realizzata dalla soc. Montecatini, insieme al serbatoio di regolamentazione (volume utile: 1.000.000 m<sup>3</sup>) e a quello di raccolta (750.000 m<sup>3</sup>). I serbatoi sono realizzati nel cosiddetto paleoalveo del fiume Grande dove in tempi antichi sorgeva "il lago Grande" (figura 2.2)



figura 2.2 - Porto di Brindisi nel 1872 - Foce del Fiume Grande

Lo scarico superficiale del serbatoio di regolazione e quelli di fondo di entrambi i serbatoi possono riversare le acque nella depressione posta a destra del fiume Grande e da qui in mare attraverso un canale lungo circa 200 m in grado di smaltire fino a 100 m<sup>3</sup>/s.

Oggi le aree occupate dal serbatoio di regolazione ed il canale di scarico fanno parte del Parco Naturale Regionale "Saline di Punta della Contessa".

Autorità di Sistema Portuale del Mar Adriatico Meridionale	Ufficio di BRINDISI LAVORI PER IL COMPLETAMENTO DELL'INFRASTRUTTURAZIONE PORTUALE MEDIANTE BANCHINAMENTO E REALIZZAZIONE DELLA RETROSTANTE COLMATA TRA IL PONTILE PETROLCHIMICO E COSTA MORENA EST	Relazione Idrologica-idraulica				
		09	017	DR	003	1

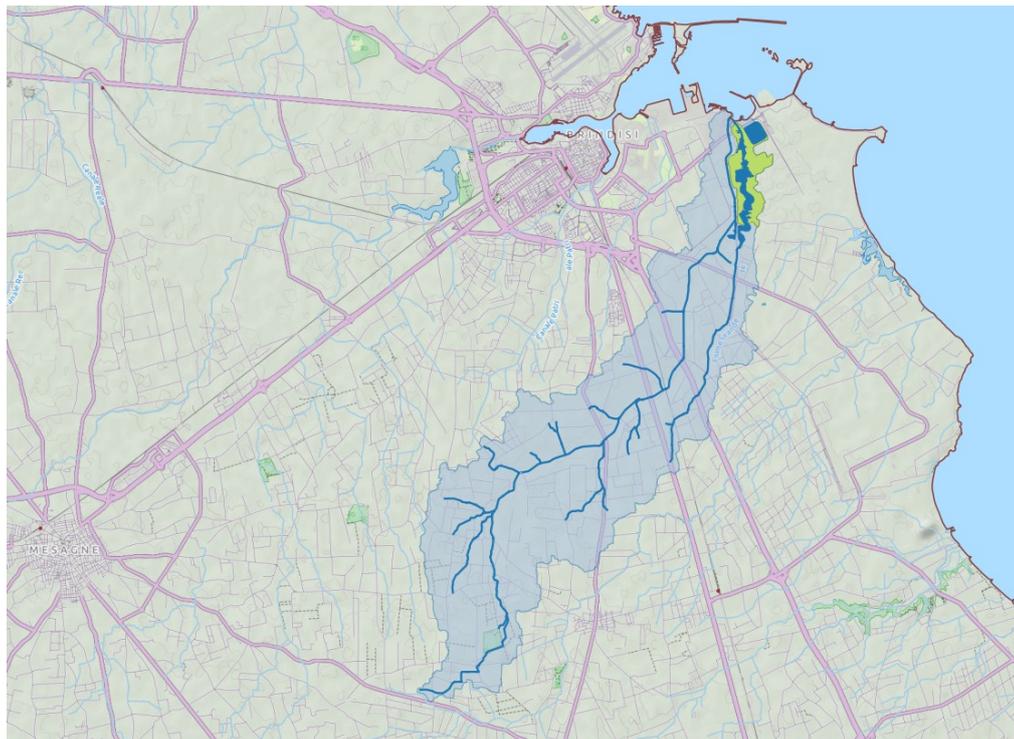
Continuando il percorso del fiume Grande, nel tratto fociale si incontra in sinistra idraulica lo scarico delle acque provenienti dall'impianto di depurazione della città di Brindisi (portata massima: 1.0 m<sup>3</sup>/s).

### 2.2.1 Principali caratteristiche geomorfologiche

Il canale "fiume Grande" ha un bacino idrografico di circa 33 km<sup>2</sup> (figura 2.3) e sfocia all'interno dell'area portuale di Brindisi in prossimità dell'opera di scarico della centrale elettrica EDI Power. Nella tabella 2.2 sono sintetizzati i principali parametri morfometrici e topologici.

**tabella 2.2 - Parametri morfometri e topologici**

Corso d'acqua		Fiume Grande
Lunghezza Asta Principale (km)	L	19
Superficie della rete di drenaggio (km <sup>2</sup> )	A	32.5
Quota media (m s.l.m.)	H <sub>m</sub>	34.91
Quota media riferita alla sezione di chiusura (m)	H <sub>m</sub>	34.91
Quota massima (m s.l.m.)	H <sub>max</sub>	65.33
Pendenza media dell'asta principale	i <sub>m</sub>	0.34%
Perimetro del bacino (km)	P	59
Rapporto di allungamento	$\frac{2 \times \sqrt{A/\pi}}{L}$	0.35
Fattore di forma di Horton	A/L <sup>2</sup>	0.090



**figura 2.3- bacino idrografico canale "Fiume Grande" - fonte: Autorità di Bacino della Puglia**

Autorità di Sistema Portuale del Mar Adriatico Meridionale	Ufficio di BRINDISI LAVORI PER IL COMPLETAMENTO DELL'INFRASTRUTTURAZIONE PORTUALE MEDIANTE BANCHINAMENTO E REALIZZAZIONE DELLA RETROSTANTE COLMATA TRA IL PONTILE PETROLCHIMICO E COSTA MORENA EST	Relazione Idrologica-idraulica				
		09	017	DR	003	1

### 2.3 Calcolo delle portate

Il calcolo delle portate del colmo piena, associate ad eventi con diversi tempi di ritorno, relative al canale "Fiume Grande" è eseguito utilizzando il "metodo cinematico"

Secondo tale metodo la valutazione della portata di piena  $Q_{max}$  corrisponde al deflusso di una pioggia "critica", di durata pari al tempo di corrivazione  $t_c$  del bacino e risulta espressa dalla seguente espressione:

$$Q_{max} = \frac{C \times h_c \times A}{3.6 \times t_c} \quad (2)$$

ove:

$C$  coefficiente di deflusso del bacino

$h_c$  (mm) altezza "critica" di precipitazione

$A$  (km<sup>2</sup>) Area del bacino sotteso

$t_c$  (h) tempo di corrivazione

Nel seguito di questo capitolo sono riportate le stime del tempo di corrivazione  $t_c$  e del coefficiente di deflusso  $C$ , al fine di determinare il valore della portata al colmo secondo la (2).

#### 2.3.1 Coefficiente di deflusso

Il coefficiente di deflusso ( $C$ ) è determinato utilizzando il metodo SCS - CN (Ven te Chow), come prescritto dal PAI.

Il metodo proposto dal Soil Conservation Service (SCS) permette di stimare in modo empirico le perdite per infiltrazione durante un evento di piena e quindi fornire una espressione della pioggia netta  $P_e$  che tenga conto degli effetti della infiltrazione sull'entità degli afflussi effettivi superficiali.

In particolare, il valore della pioggia netta  $P_e$  è dato dalla seguente espressione:

$$P_e = \frac{(P - I_a)^2}{P - I_a + S}$$

dove:

$P$  altezza di pioggia precipitata nell'area in oggetto

$S$  massima altezza d'acqua immagazzinabile nel terreno a saturazione

$I_a$  altezza di pioggia che non si trasforma in deflusso

Da studi sperimentali risulta che  $I_a = 0.2 \times S$ , pertanto la precedente si trasforma in

$$P_e = \frac{(P - 0.2 \times S)^2}{P + 0.8 \times S} \quad \text{con } S(\text{in}) = \frac{1000}{CN} - 10$$

Autorità di Sistema Portuale del Mar Adriatico Meridionale	Ufficio di BRINDISI LAVORI PER IL COMPLETAMENTO DELL'INFRASTRUTTURAZIONE PORTUALE MEDIANTE BANCHINAMENTO E REALIZZAZIONE DELLA RETROSTANTE COLMATA TRA IL PONTILE PETROLCHIMICO E COSTA MORENA EST	Relazione Idrologica-idraulica				
		09	017	DR	003	1

Il Curve Number (CN) dipende dalle caratteristiche di permeabilità del terreno e dall'uso del suolo dello stesso. In particolare Ven te Chow in "Applied Hydrology" consiglia di suddividere il terreno in 4 categorie in base alla permeabilità (tabella 2.3).

**tabella 2.3 - categoria dei terreni (fonte: Applied Hydrology)**

Categoria	Permeabilità	Descrizione
<b>A</b>	alta	strati sabbiosi o di loess profondi, a limosi aggregati
<b>B</b>	moderata	tessitura da moderatamente fine a moderatamente grossolana, quali limi sabbiosi
<b>C</b>	bassa	tessitura fine, quali argille limose, deboli strati di limo sabbioso, suoli con debole contenuto organico
<b>D</b>	molto bassa	argille plastiche e compatte

Il suolo, che caratterizza il bacino del "fiume Grande", è di tipo "prevalentemente siltoso-sabbioso e arenitico" corrispondente alla categoria B del metodo SCS, come risulta dalle mappe litologiche pubblicate della regione Puglia e sintetizzate nella figura 2.4.



**figura 2.4 - Litologia (fonte: Regione Puglia)**

Autorità di Sistema Portuale del Mar Adriatico Meridionale	Ufficio di BRINDISI LAVORI PER IL COMPLETAMENTO DELL'INFRASTRUTTURAZIONE PORTUALE MEDIANTE BANCHINAMENTO E REALIZZAZIONE DELLA RETROSTANTE COLMATA TRA IL PONTILE PETROLCHIMICO E COSTA MORENA EST	Relazione Idrologica-idraulica				
		09	017	DR	003	1

Il bacino idrografico del canale "Fiume Grande", è stato suddiviso in zone in funzione dell'uso del suolo, secondo la cartografia resa disponibile dalla regione Puglia nel 2011 e sostanzialmente conforme alla situazione attuale (figura 2.5).

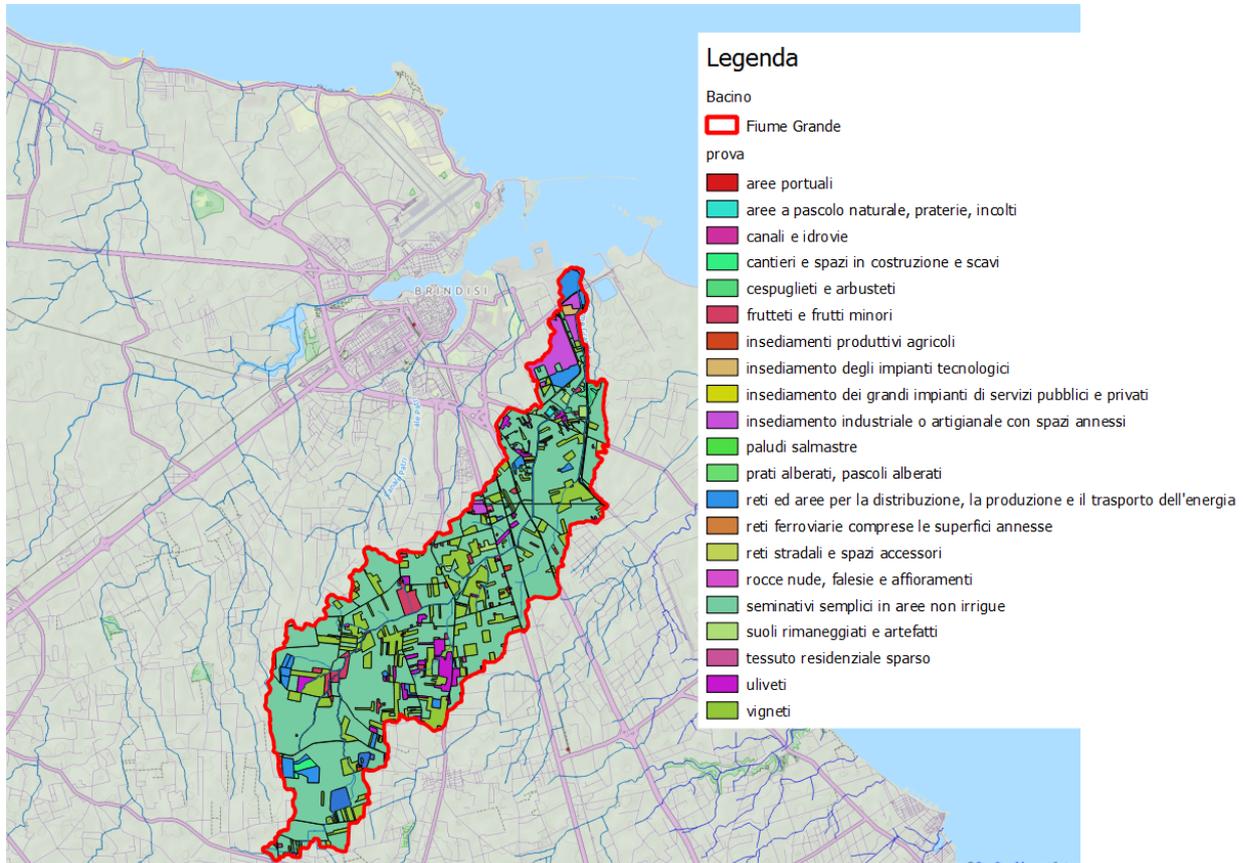


figura 2.5 - Carta dell'uso del suolo per il bacino interessato (fonte: Regione Puglia)

Ad ogni uso del suolo è possibile associare un valore del CN, secondo lo schema della tabella 2.4 (coerentemente alle indicazioni fornite da Ven Te Chow).

Il valore del C.N. dell'intero bacino relativo al canale "Fiume Grande" è determinato, come media pesata dei CN di ciascuna area con le corrispettive superfici ed ottenendo il valore di 77.0.

Nella figura 2.6 viene mostrato l'andamento del coefficiente di deflusso ( $C = P_e/P$ ), al variare dell'altezza di precipitazione per un evento meteorologico, per CN uguale a 77.

Si osserva come per modeste precipitazione l'afflusso sia trascurabile, mentre per piogge abbondanti il valore di C tende a cresce in modo parabolico.

<b>Autorità di Sistema Portuale del Mar Adriatico Meridionale</b>	<b>Ufficio di BRINDISI</b> LAVORI PER IL COMPLETAMENTO DELL'INFRASTRUTTURAZIONE PORTUALE MEDIANTE BANCHINAMENTO E REALIZZAZIONE DELLA RETROSTANTE COLMATA TRA IL PONTILE PETROLCHIMICO E COSTA MORENA EST	<b>Relazione Idrologica-idraulica</b>				
		09	017	DR	003	1

**tabella 2.4 - Tabella di corrispondenza uso del suolo - CN e la relativa superficie**

Uso del suolo	Area (m <sup>2</sup> )	CN
aree a pascolo naturale, praterie, incolti	117445	79
aree a vegetazione sclerofilla	9616	66
aree portuali	14297	98
boschi di latifoglie	257858	60
canali e idrovie	159995	100
cantieri e spazi in costruzione e scavi	101381	85
cespuglieti e arbusteti	270133	66
colture orticole in pieno campo in serra e sotto plastica in aree irrigue	2609	81
colture temporanee associate a colture permanenti	20929	71
frutteti e frutti minori	647683	78
insediamenti produttivi agricoli	158898	85
insediamento degli impianti tecnologici	61795	88
insediamento dei grandi impianti di servizi pubblici e privati	9118	92
insediamento in disuso	6875	75
insediamento industriale o artigianale con spazi annessi	900597	88
paludi salmastre	21464	100
prati alberati, pascoli alberati	3873	69
reti ed aree per la distribuzione, la produzione e il trasporto dell'energia	1130530	92
reti ferroviarie comprese le superfici annesse	33458	85
reti stradali e spazi accessori	416182	98
rocce nude, falesie e affioramenti	8791	86
seminativi semplici in aree non irrigue	22099364	75
sistemi colturali e particellari complessi	43169	81
suoli rimaneggiati e artefatti	193636	86
tessuto residenziale sparso	57799	72
uliveti	934573	78
vigneti	4879967	78
<b>Totale complessivo</b>	<b>32562035</b>	<b>77.0</b>

Autorità di Sistema Portuale del Mar Adriatico Meridionale	Ufficio di BRINDISI LAVORI PER IL COMPLETAMENTO DELL'INFRASTRUTTURAZIONE PORTUALE MEDIANTE BANCHINAMENTO E REALIZZAZIONE DELLA RETROSTANTE COLMATA TRA IL PONTILE PETROLCHIMICO E COSTA MORENA EST	Relazione Idrologica-idraulica				
		09	017	DR	003	1

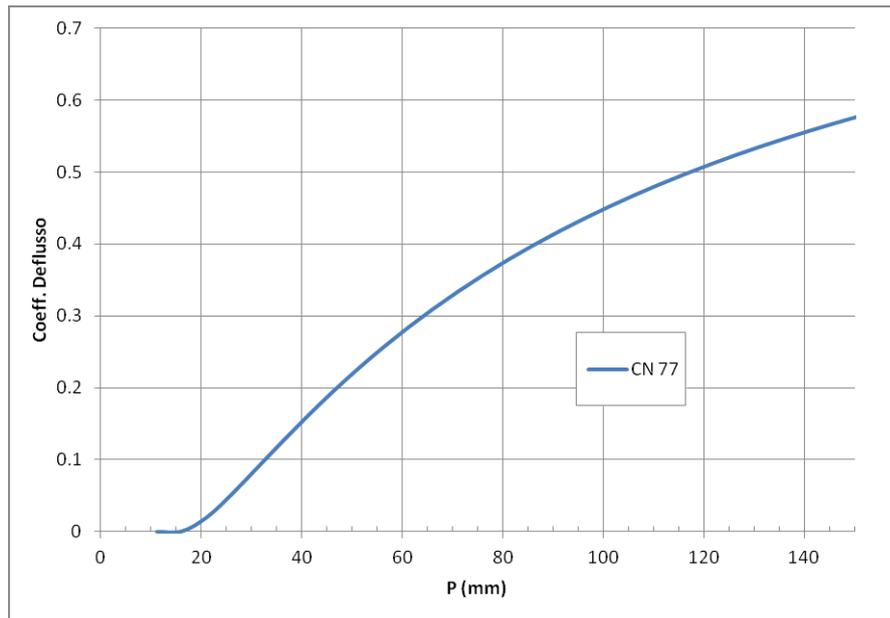


figura 2.6 - Andamento del coefficiente di deflusso con l'altezza di precipitazione (CN=77)

### 2.3.2 Tempo di corrivazione del bacino

Il tempo di corrivazione è definito come *il tempo che impiega una goccia d'acqua a raggiungere la sezione di chiusura del bacino dal punto idraulicamente più lontano dello stesso.*

Il massimo deflusso in un bacino occorre quando la durata di un evento pluviometrico è pari al tempo di corrivazione, ossia quando l'intero bacino contribuisce alla formazione della portata nella sezione di chiusura.

Il tempo di corrivazione è funzione della pendenza del terreno, della distanza che l'acqua deve percorrere (lunghezza del corso d'acqua), dell'area del bacino e del grado di ritenzione del bacino.

Il valore del tempo di corrivazione del bacino  $t_c$ , può essere stimato utilizzando le formulazioni esistenti in letteratura; esse correlano in maniera diversa i caratteri geometrici e morfologici del bacino ai tempi di deflusso e si differenziano per la tipologia del bacino; in particolare:

- formula di Giandotti, valida per  $A > 75 \text{ km}^2$ :

$$t_{cG} = \frac{4 \cdot \sqrt{A} + 1.5 \cdot L}{0.8 \cdot \sqrt{H_m}}$$

dove  $A$  – Area del bacino imbrifero espresso in  $\text{km}^2$

$L$  – Lunghezza dell'asta principale espressa in km

$H_m$  – Altezza media del bacino rispetto alla sezione di chiusura in m

- formula di Kirpich, valida per  $S < 1.0 \text{ km}^2$  con pendenze dell'alveo elevate (3-10%):

$$t_{cK} = 0.93 \times \left( \frac{L}{\sqrt{H_{\max} / L}} \right)^{0.77}$$

dove  $H_{\max}$  – Altezza massimo del bacino rispetto alla sezione di chiusura

Autorità di Sistema Portuale del Mar Adriatico Meridionale	Ufficio di BRINDISI LAVORI PER IL COMPLETAMENTO DELL'INFRASTRUTTURAZIONE PORTUALE MEDIANTE BANCHINAMENTO E REALIZZAZIONE DELLA RETROSTANTE COLMATA TRA IL PONTILE PETROLCHIMICO E COSTA MORENA EST	Relazione Idrologica-idraulica				
		09	017	DR	003	1

- formula di Ventura, adatta per zone di bonifica

$$t_c = 0.1272 \times \sqrt{A/i_m}$$

dove  $i_m$  – pendenza media dell'asta del bacino fluviale

- formula di Pasini, adatta per canali in aree pianeggianti

$$t_c = \frac{0.108}{\sqrt{i_m}} \times (A \times L)^{1/3}$$

- formula del Soil Conservation Service (SCS)

$$t_c = 0.00227 \times (1000 \times L)^{0.8} \times \left( \frac{1000}{CN} - 9 \right)^{0.7} / \sqrt{i_s}$$

dove  $i_s$  – pendenza media del bacino espressa in percentuale

Il tempo di corrivazione, che risponde maggiormente alle caratteristiche fisiche, morfologiche e geometriche al bacino in esame, è valutato attraverso la media pesata delle determinazioni ottenute utilizzando le diverse formulazioni sopra elencate.

La scelta dei pesi è conseguenza della significatività delle formulazioni per l'area in esame, contraddistinta dall'essere una area pianeggiante in fascia costiera. Il valore ottenuto è in linea con le formulazioni specifiche per le aree pianeggianti (Ventura– Pasini). Ma risulta maggiore di formule quali quelle di Kirpich , o Giandotti, di più corretta applicazione su bacini non di bonifica e/o a pendenze elevate.

Il valore ottenuto appare conservativo rispetto alle condizioni di eventi estremi.

	Fiume Grande	
superficie del bacino – A (km²)	32.5	
Lunghezza dell'asta principale – L (km)	19	
differenza tra la quota media del bacino e la quota della sezione di chiusura – $H_m$ (m)	34.91	
differenza tra la quota massima del bacino e la quota della sezione di chiusura – $H_{max}$ (m)	65.33	
Pendenza media del bacino (%)	1.9	
Pendenza media dell'asta (%)	0.34	
Tempo di corrivazione	$t_c$ (h)	pesi
Kirpich	2.9	0.2
Giandotti	10.85	0.2
Ventura	12.44	0.8
Pasini	15.74	0.8
SCS	11.48 (CN =77)	0.8
<b>Tempo di corrivazione adottato (h)</b>	<b>12.32</b>	

### 2.3.3 Calcolo delle portate

Il valore delle portate di colmo al variare del tempo di ritorno, stimato utilizzando il metodo cinematico, è sintetizzato nella seguente tabella:

<b>Autorità di Sistema Portuale del Mar Adriatico Meridionale</b>	Ufficio di BRINDISI LAVORI PER IL COMPLETAMENTO DELL'INFRASTRUTTURAZIONE PORTUALE MEDIANTE BANCHINAMENTO E REALIZZAZIONE DELLA RETROSTANTE COLMATA TRA IL PONTILE PETROLCHIMICO E COSTA MORENA EST	<b>Relazione Idrologica-idraulica</b>					
		09	017	DR	003	1	IDR

tempo di ritorno (anni)	Altezza di pioggia (mm) metodo VAPI	Portata (m <sup>3</sup> /s)	
		Metodo razionale	Studio A.di B.
5	65.7	14.8	
30	104.4	35.4	33.10
100	134.4	53.5	
200	152.6	65.0	67.20
500	177.1	80.9	85.20

Si evidenzia come i valori determinati dall'A.d.B., applicando il metodo dell'idrogramma unitario SCS e quelli del metodo razionale siano tra loro perfettamente coerenti.

Per le successive valutazioni si utilizzeranno i valori di portata risultati più cautelativi tra i due studi.

Autorità di Sistema Portuale del Mar Adriatico Meridionale	Ufficio di BRINDISI LAVORI PER IL COMPLETAMENTO DELL'INFRASTRUTTURAZIONE PORTUALE MEDIANTE BANCHINAMENTO E REALIZZAZIONE DELLA RETROSTANTE COLMATA TRA IL PONTILE PETROLCHIMICO E COSTA MORENA EST	Relazione Idrologica-idraulica				
		09	017	DR	003	1

## Capitolo 3 Studio idraulico

### 3.1 Compatibilità idraulica delle nuove opere con i corsi d'acqua esistenti

Il progetto della nuova cassa di colmata prevede la realizzazione di un canale artificiale di larghezza pari a circa 45 m e con un fondale costante di -3.0 m s.l.m., posto sul lato sud-Ovest della nuova vasca ed in adiacenza alla strada consortile.

Le acque provenienti dagli scarichi presenti lungo l'attuale falcata costiera vengono raccolte dal canale e trasportate verso l'interno del bacino portuale, garantendo l'efficienza idraulica del sistema e la compatibilità idraulica dell'intera opera (figura 3.1).

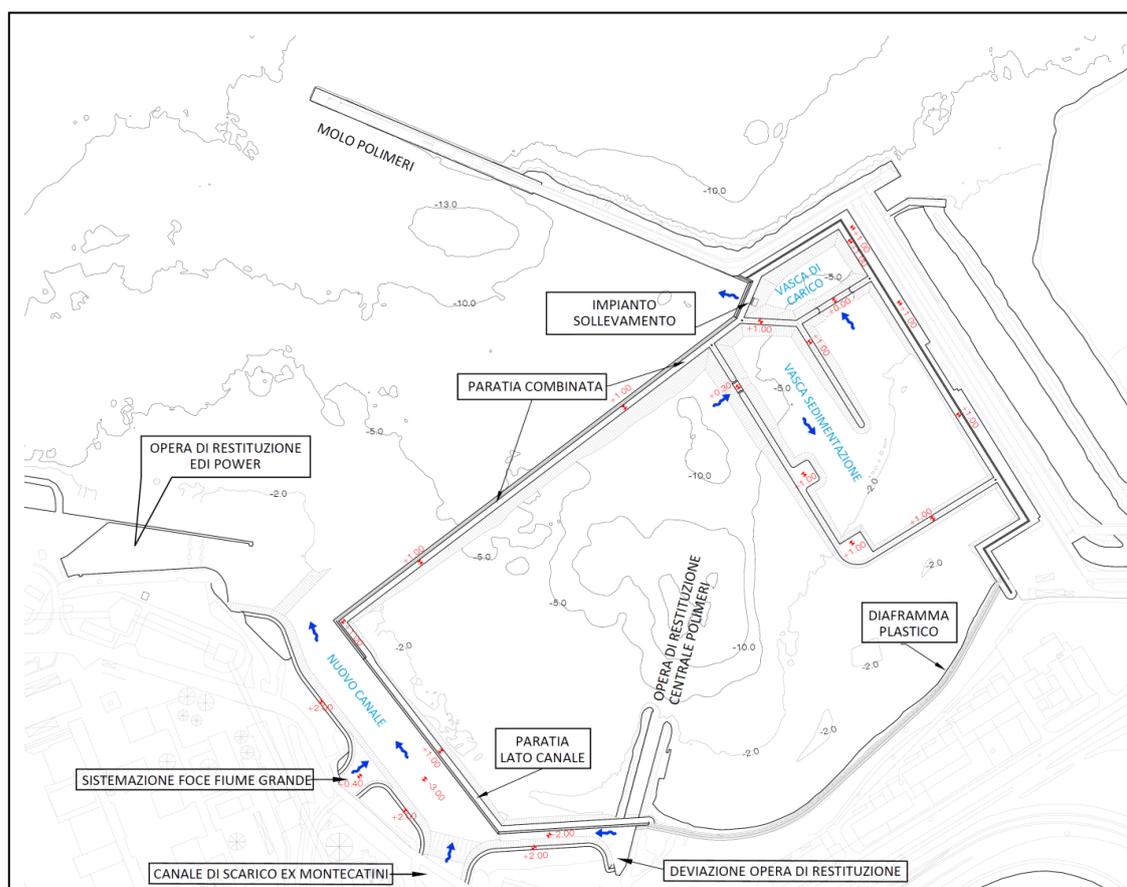
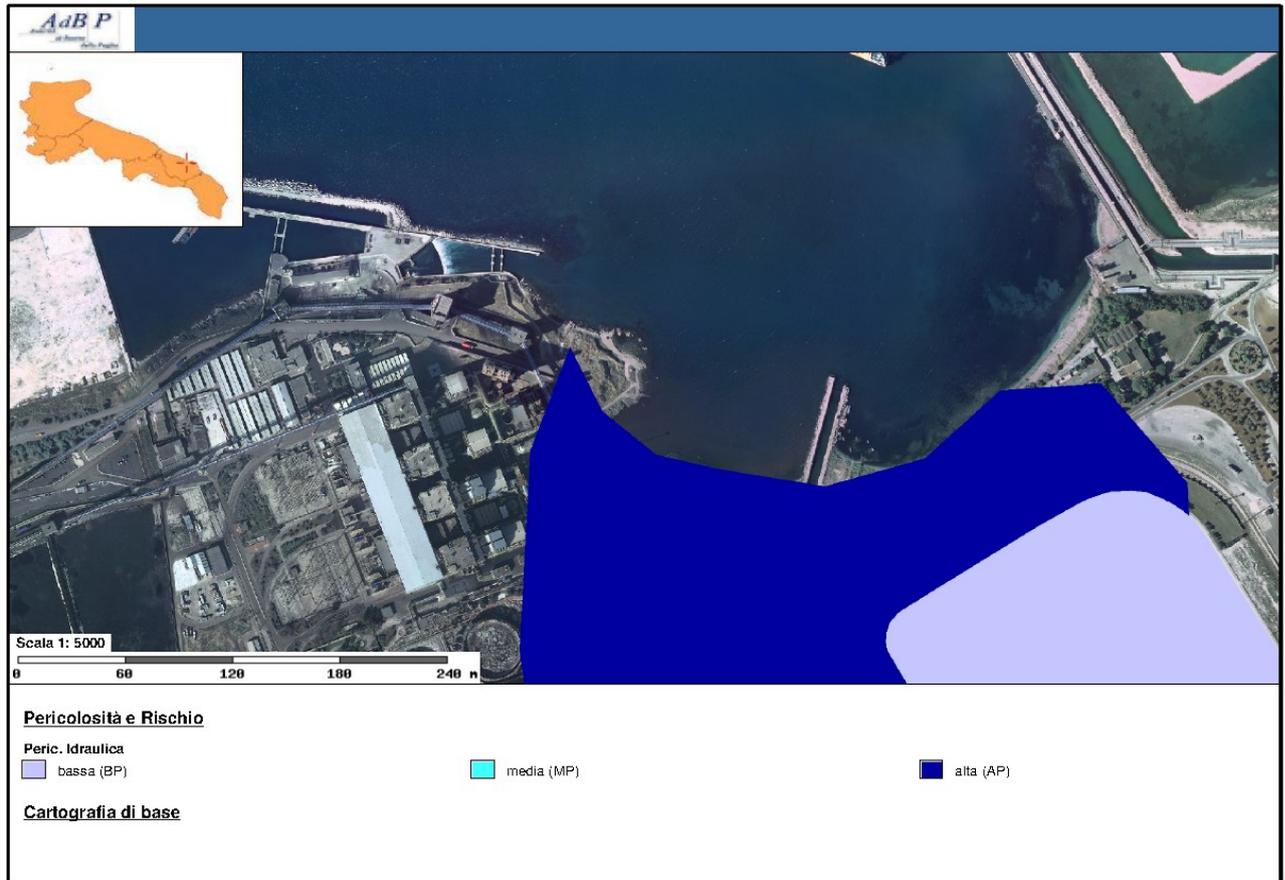


figura 3.1 - Nuova vasca di colmata e canale di raccolta

Il piano stralcio dell'assetto Idrogeologico (PAI), redatto dall'Autorità di Bacino della Puglia (approvazione 2005), ha individuato le aree a probabilità di inondazione alta (alta pericolosità idraulica - **A.P.**), media (media pericolosità idraulica - **M.P.**) e bassa (bassa pericolosità idraulica - **B.P.**) ed ha regolamentato le zone fluviali (figura 3.2).

Una parte della falcata, interessata dalle opere di progetto, risulta classificata ad Alta pericolosità Idraulica e pertanto è necessario "uno studio di compatibilità idraulica che ne analizzi compiutamente gli effetti sul regime idraulico a monte e a valle dell'area interessata" (Art.7 delle NTA del PAI)

Autorità di Sistema Portuale del Mar Adriatico Meridionale	Ufficio di BRINDISI LAVORI PER IL COMPLETAMENTO DELL'INFRASTRUTTURAZIONE PORTUALE MEDIANTE BANCHINAMENTO E REALIZZAZIONE DELLA RETROSTANTE COLMATA TRA IL PONTILE PETROLCHIMICO E COSTA MORENA EST	Relazione Idrologica-idraulica				
		09	017	DR	003	1



**figura 3.2 - Mappa di pericolosità idraulica per il sito di costa Morena Est**

L'alta pericolosità è legata alla possibile esondazione del canale "Fiume Grande" e del suo canale di scolo posto alla sua destra idraulica.

Nel dicembre 2012, l'Autorità di Bacino ha redatto, con la supervisione scientifica del prof. Ing. Umberto FRATINO, lo "*Studio per la definizione delle opere necessarie alla messa in sicurezza del reticolo idraulico interessato dagli eventi alluvionali di ottobre e novembre 2005 nelle province di Bari e Brindisi*", in cui sono state indagate, per diversi corsi d'acqua, tra cui il fiume Grande, le principali criticità idrauliche, legate all'insufficienza di alcuni tratti di canale e di alcuni attraversamenti.

In particolare è emerso che (figura 3.3):

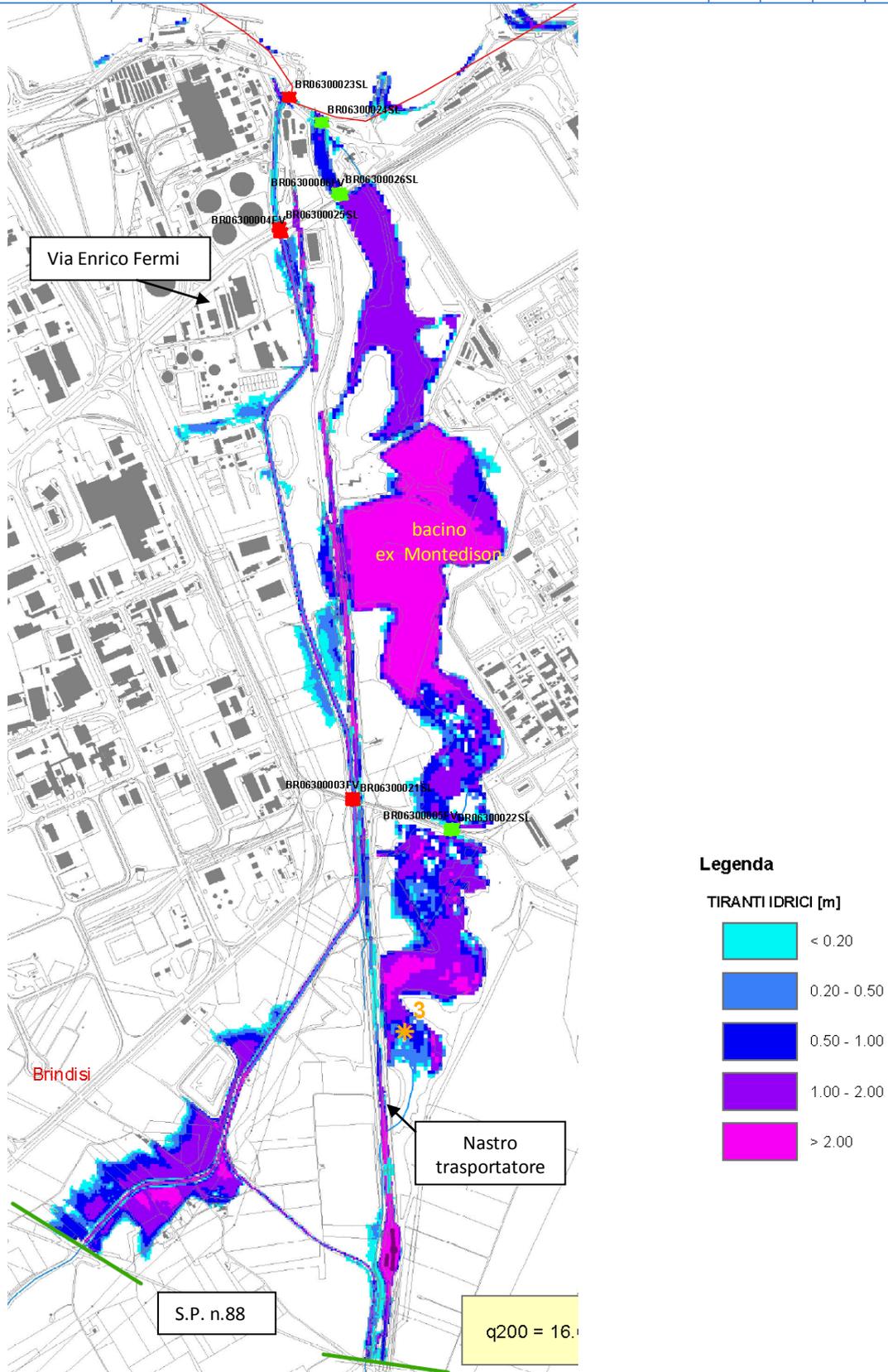
- gli allagamenti sono concentrati nella zona immediatamente a valle della strada provinciale SP.88, (area prevalentemente agricola) e poco prima della attraversamento di via Enrico Fermi con tiranti massimi nel canale dell'ordine dei 3.0 m.
- la sede del nastro (16.00 × 4.00 m), per il trasporto del carbone della centrale elettrica di Cerano, posto in destra, si comporta come un canale scolmatore su cui si riversano le portate eccedenti il canale, calmierando di fatto l'allagamento in sponda sinistra.

Autorità di Sistema Portuale del Mar Adriatico Meridionale	Ufficio di BRINDISI LAVORI PER IL COMPLETAMENTO DELL'INFRASTRUTTURAZIONE PORTUALE MEDIANTE BANCHINAMENTO E REALIZZAZIONE DELLA RETROSTANTE COLMATA TRA IL PONTILE PETROLCHIMICO E COSTA MORENA EST	Relazione Idrologica-idraulica					
		09	017	DR	003	1	IDR

- Nei punti in cui il tirante idrico nel nastro trasportatore eccede il livello del suo bordo esterno l'acqua viene riversata nel bacino di raccolta della ex Montedison, oggi zona umida delle Saline di Punta della Contessa.
- tutti gli attraversamenti sono risultati insufficienti a far defluire le piene con tempo di ritorno di 30, 200 e 500 anni.
- nella zona immediatamente a monte della foce, l'acqua defluisce nel canale delimitato dai muri del complesso industriale e sfocia all'interno dello bacino portuale, non allagando le aree circostanti
- la piena che interessa la zona umida (l'antico alveo), dovuta all'esondazione del canale Grande viene assorbita dal bacino di raccolta determinando un innalzamento dei livelli dell'ordine di 0.5-1.0 m, perfettamente compatibile con la capacità del serbatoio ex Montedison.

In definitiva lo studio evidenzia che l'area destinata ad accogliere la vasca di colmata con le sue infrastrutture, non è interessata da allagamenti (anche per eventi con tempi di ritorno di 500 anni).

Nel paragrafo successivo viene descritto brevemente il sistema idraulico relativo al bacino di raccolta ed accumulo dell'ex Montedison, che influenza il deflusso della piena del fiume Grande Le verifiche idrauliche, riportate di seguito, per il tratto terminale del canale Fiume Grande e del suo canale di scolo, mettendo a confronto lo scenario attuale con quello di progetto, evidenziano che le nuove opere non determinano variazioni al deflusso delle piene in termini di velocità, di battenti idrici e di zone di possibile allagamento.



**figura 3.3 - Planimetria dei tiranti idrici per il fiume Grande ed il suo canale di scolo (Tr = 200 anni)**

Autorità di Sistema Portuale del Mar Adriatico Meridionale	Ufficio di BRINDISI LAVORI PER IL COMPLETAMENTO DELL'INFRASTRUTTURAZIONE PORTUALE MEDIANTE BANCHINAMENTO E REALIZZAZIONE DELLA RETROSTANTE COLMATA TRA IL PONTILE PETROLCHIMICO E COSTA MORENA EST	Relazione Idrologica-idraulica				
		09	017	DR	003	1

### 3.1.1 Sistema di raccolta ed accumulo ex Montecatini

La soc. Montecatini ha realizzato nel 1961 un sistema di raccolta, di accumulo e di compenso di parte delle acque provenienti dal canale "Fiume Grande"; quest'ultime necessarie per il funzionamento dello stabilimento Petrolchimico di Brindisi (figura 3.4).

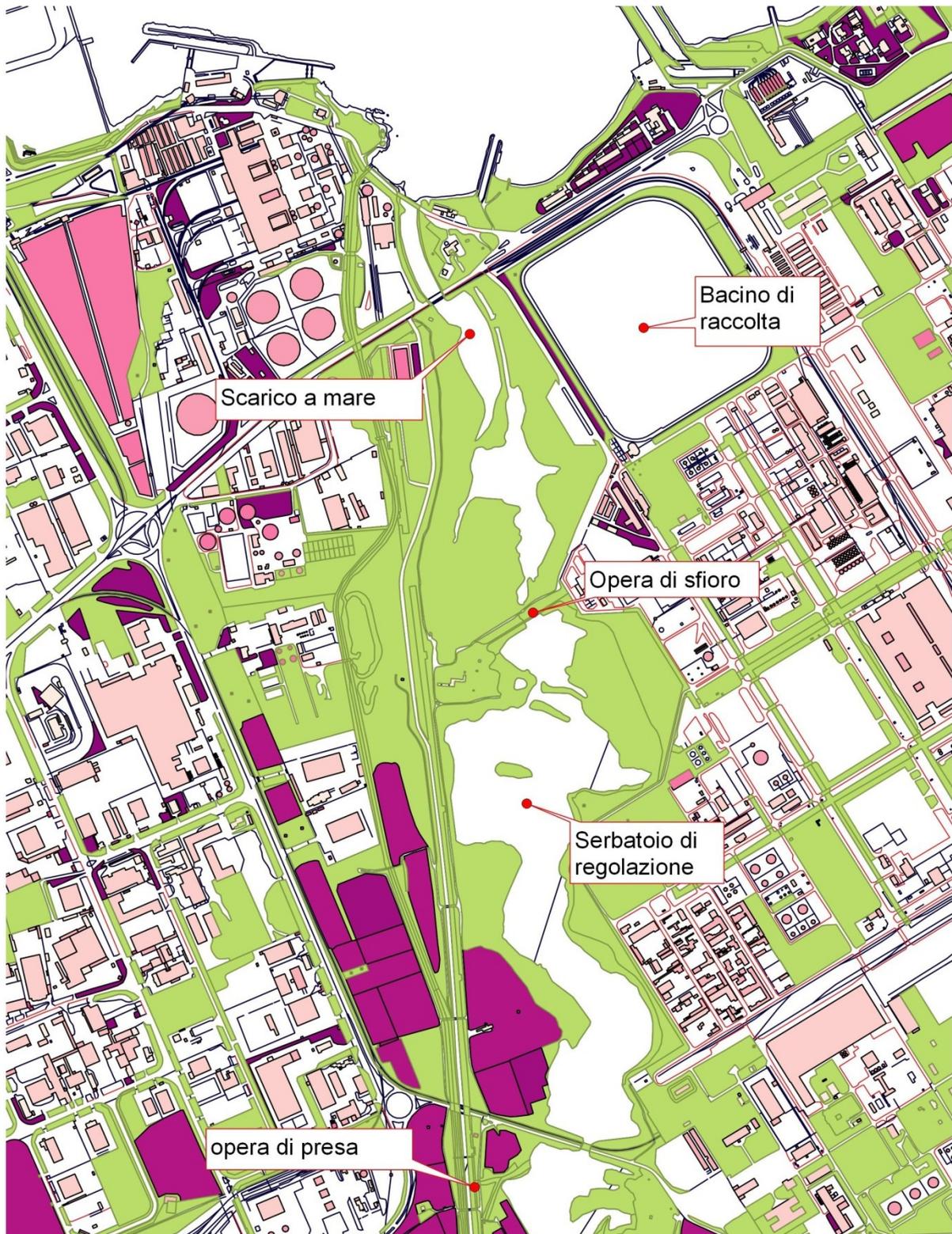


figura 3.4 - Sistema di raccolta ed accumulo delle acque per scopi industriali

Autorità di Sistema Portuale del Mar Adriatico Meridionale	Ufficio di BRINDISI LAVORI PER IL COMPLETAMENTO DELL'INFRASTRUTTURAZIONE PORTUALE MEDIANTE BANCHINAMENTO E REALIZZAZIONE DELLA RETROSTANTE COLMATA TRA IL PONTILE PETROLCHIMICO E COSTA MORENA EST	Relazione Idrologica-idraulica				
		09	017	DR	003	1

Tale sistema è tuttora così strutturato:

- Opera di presa (figura 3.5), posta sull'attuale canale "Fiume Grande" a circa 2.0 km dalla foce; le acque vengono captate attraverso un bocca radente posta sotto l'alveo fluviale e deviate con un canale in parte a sifone (necessario a superare la base del nastro trasportatore) ed in parte a cielo aperto verso il serbatoio di regolazione. Tale opera è progettata per una portata di 30 m<sup>3</sup>/s (fonte: studio AdB).



figura 3.5 - Opera di presa (fonte: Google Earth)

- Serbatoio di regolazione e di decantazione (figura 3.6); ricavato all'interno della depressione naturale dell'antico alveo del Fiume Grande, delimitato a Nord da una diga in terra con quota di coronamento a +4.70 m s.l.m.; il serbatoio ha una capacità utile di circa 1.000.000 m<sup>3</sup> con quota d'invaso a +3.20 m s.l.m. A protezione dello sbarramento è presente un'opera di scarico superfiale, posto al suo interno.



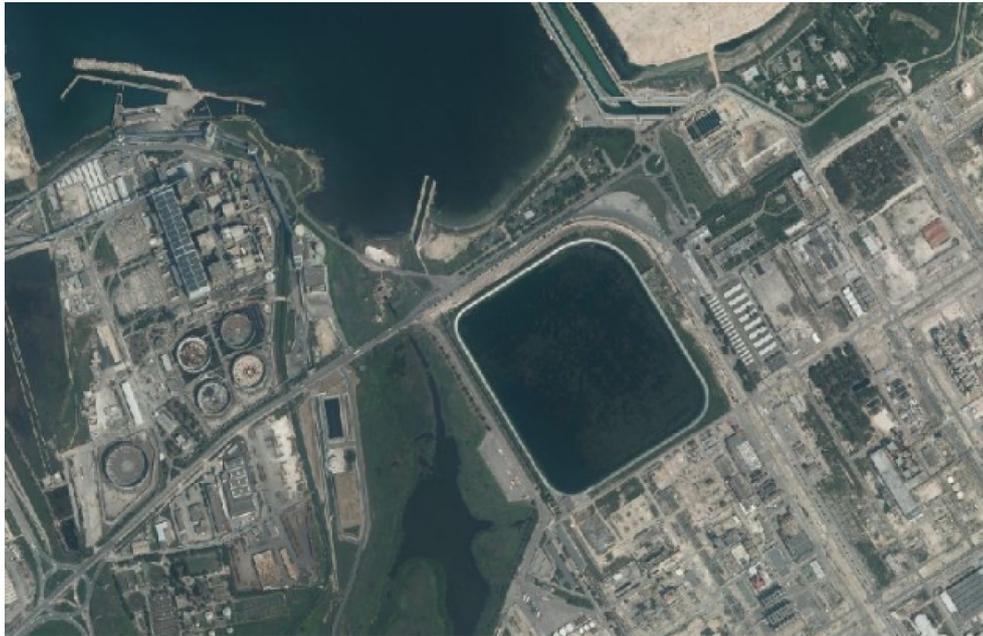
figura 3.6 - Serbatoio di regolazione e di decantazione (fonte: Google Earth)

- Bacino di raccolta (figura 3.7), di forma pseudo quadrata con fondo impermeabilizzato, delimitato da un argine perimetrale ed in grado di ospitare in

Autorità di Sistema Portuale del Mar Adriatico Meridionale	Ufficio di BRINDISI LAVORI PER IL COMPLETAMENTO DELL'INFRASTRUTTURAZIONE PORTUALE MEDIANTE BANCHINAMENTO E REALIZZAZIONE DELLA RETROSTANTE COLMATA TRA IL PONTILE PETROLCHIMICO E COSTA MORENA EST	Relazione Idrologica-idraulica					
		09	017	DR	003	1	IDR

condizioni di esercizio 750.000 m<sup>3</sup> di acqua a quota +5.40 m s.l.m., provenienti dal bacino di regolazione tramite una condotta DN800 di cemento armato tipo Bonna ed il successivo sollevamento.

- Zona a valle della diga - fino al mare (figura 3.7): zona depressa destinata a ricevere le acque che defluiscono dallo sfioratore e dagli scarichi di fondo dei due serbatoi. Da tale zona le acque vengono convogliate a mare attraverso un canale di scarico (lunghezza: 200 m), che sottopassa dapprima la ferrovia e Via Enrico Fermi con un ponte a 2 luci da 16 m e successivamente la strada litoranea con un ponte a 3 luci da 14.00 m.  
Il canale e i sottopassi sono stati dimensionati per una portata di 100 m<sup>3</sup>/s.



**figura 3.7 - Bacino di raccolta e zona a valle della diga (fonte: Google Earth)**

Autorità di Sistema Portuale del Mar Adriatico Meridionale	Ufficio di BRINDISI LAVORI PER IL COMPLETAMENTO DELL'INFRASTRUTTURAZIONE PORTUALE MEDIANTE BANCHINAMENTO E REALIZZAZIONE DELLA RETROSTANTE COLMATA TRA IL PONTILE PETROLCHIMICO E COSTA MORENA EST	Relazione Idrologica-idraulica					
		09	017	DR	003	1	IDR

### 3.1.2 Verifiche idrauliche

Le verifiche di deflusso e la determinazione dei profili di rigurgito sono effettuate con il modello matematico HEC-RAS 5.0 (Hydrologic Engineering Center dello U.S.A.F.) considerato uno standard internazionale nel campo delle verifiche di idraulica fluviale.

Tale modello è in grado di simulare le condizioni di deflusso sulla base di dati di input provenienti dai valori di portata e dalla geometria del corso d'acqua e di calcolare il profilo idrico in moto permanente e vario sia in modalità monodimensionale che bidimensionale.

Le elaborazioni del citato modello, i cui algoritmi seguono le usuali metodologie di calcolo della letteratura scientifica specializzata, sono sintetizzate in:

- un profilo longitudinale del tronco investigato dal cui esame è possibile verificare la congruenza tra i profili di rigurgito del corso d'acqua per le diverse condizioni di deflusso,
- nel tracciamento delle sezioni trasversali con l'individuazione dei livelli idrici raggiunti nelle differenti condizioni di calcolo,
- tabulati contenenti i parametri di output ottenuti dalle simulazioni con il citato modello matematico.

E' possibile definire le caratteristiche idraulico-cinematiche della corrente idrica (con particolare riferimento a velocità e tirante idrico in corrispondenza delle sezioni trasversali di calcolo) applicando la legge di Bernoulli (o di equilibrio dei carichi totali) risolta alle differenze finite.

Il modello matematico HEC-RAS è in grado inoltre di determinare l'influenza sul regime idrico dei ponti /"culvert" presenti sui canali.

Le relative perdite di carico indotte possono essere valutate attraverso quattro diverse metodologie:

- Equazione di bilancio energetica (metodo standard e qui utilizzato);
- Equazione di bilancio del momento;
- Equazione di Yarnell (ponti su pile)
- Metodo del FHWA (Federal Highway Administration)

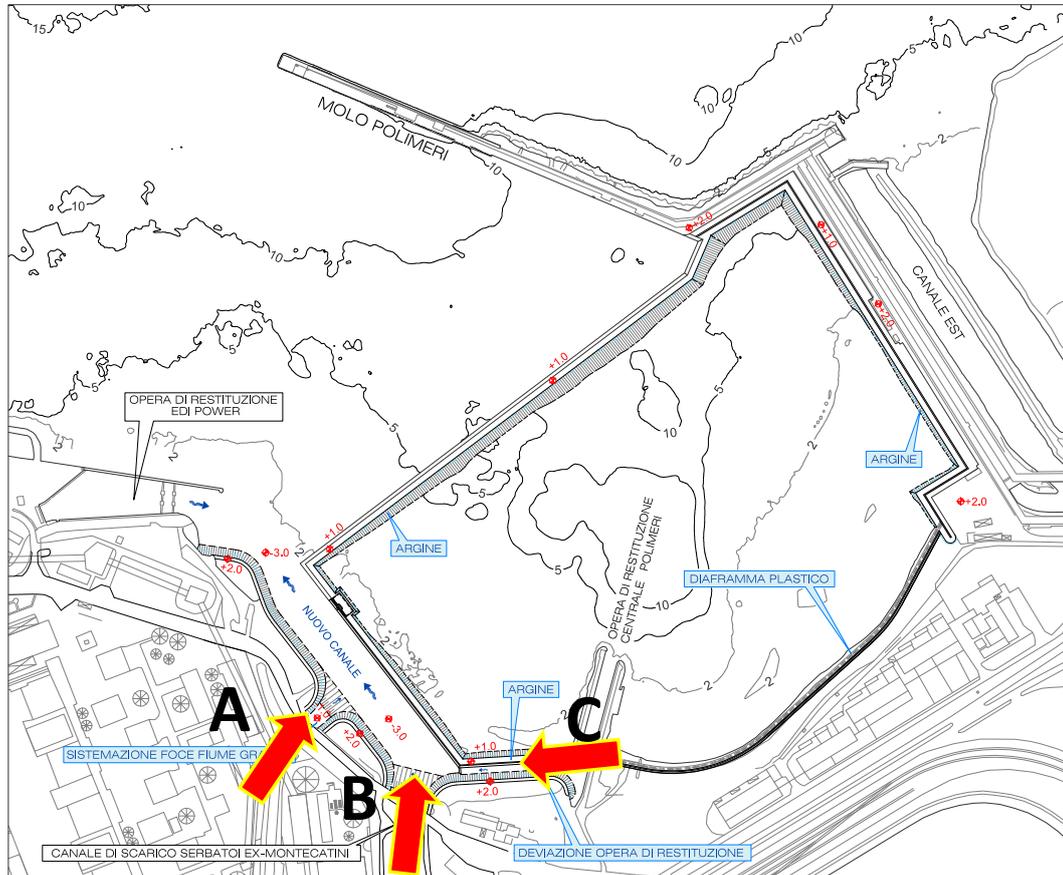
Le verifiche idrauliche (figura 3.8 e figura 3.9) riguardano la situazione attuale e quella di progetto per i tratti terminali del:

- canale "fiume Grande" - da via Enrico Fermi alla foce (A)
- canale di sfioro del "Fiume Grande" o ex Montedison (Paleoalveo del fiume Grande)- da via Enrico Fermi alla foce (B)
- canale di scarico della Polimeri - dallo scarico alla foce (C)

<b>Autorità di Sistema Portuale del Mar Adriatico Meridionale</b>	<b>Ufficio di BRINDISI</b> LAVORI PER IL COMPLETAMENTO DELL'INFRASTRUTTURAZIONE PORTUALE MEDIANTE BANCHINAMENTO E REALIZZAZIONE DELLA RETROSTANTE COLMATA TRA IL PONTILE PETROLCHIMICO E COSTA MORENA EST	<b>Relazione Idrologica-idraulica</b>				
		09	017	DR	003	1



**figura 3.8 - Localizzazione canali di scarico - situazione attuale**



**figura 3.9 - Localizzazione canali di scarico - situazione di progetto**

Autorità di Sistema Portuale del Mar Adriatico Meridionale	Ufficio di BRINDISI LAVORI PER IL COMPLETAMENTO DELL'INFRASTRUTTURAZIONE PORTUALE MEDIANTE BANCHINAMENTO E REALIZZAZIONE DELLA RETROSTANTE COLMATA TRA IL PONTILE PETROLCHIMICO E COSTA MORENA EST	Relazione Idrologica-idraulica					
		09	017	DR	003	1	IDR

### Scenari simulati

Le verifiche riguardano i seguenti scenari:

#### Situazione attuale (figura 3.8):

- **Scenario A1:** canale "fiume Grande" - portate uscenti pari a 35.4, 67.2, 85.2 m<sup>3</sup>/s associate ad eventi con tempi di ritorno pari rispettivamente a 30, 200 e 500 anni.
- **Scenario B1:** canale di sfioro del "fiume Grande" - portate uscenti pari a 20.0 e a 100.0 m<sup>3</sup>/s associate rispettivamente alla massima portata derivabile dal fiume Grande e alla portata di progetto con cui sono stati dimensionati il canale e gli attraversamenti stradali e ferroviari (simultaneo scarico dello sfioratore e degli scarichi di fondo del serbatoio di regolazione e quello di raccolta).
- **Scenario C1:** canale di scarico della industria Polimeri - portata uscente: 20 m<sup>3</sup>/s

Situazione progetto: prevede il raccordo dei canali di scarico verso l'imboccatura portuale attraverso la realizzazione di un nuova canale largo circa 40 m e dragato a quota -3.0 m s.l.m. (figura 3.9)

- **Scenario A2:** come Scenario A1.
- **Scenario A3:** come Scenario A2 + portata canale Polimeri 20 m<sup>3</sup>/s
- **Scenario B2:** come Scenario B1
- **Scenario B3:** come Scenario B1 + portata canale Polimeri 20 m<sup>3</sup>/s
- **Scenario B4:** come Scenario B1 + portata canale Polimeri 20 m<sup>3</sup>/s + portata ordinaria (Tr = 5 anni) del canale "Fiume Grande" (14.8 m<sup>3</sup>/s)
- **Scenario C2:** come scenario C1
- **Scenario C3:** come scenario C1 + portata canale "fiume Grande" (35.4, 67.2, 85.2 m<sup>3</sup>/s per tempi di ritorno rispettivamente di 30, 200 e 500 anni).

Autorità di Sistema Portuale del Mar Adriatico Meridionale	Ufficio di BRINDISI LAVORI PER IL COMPLETAMENTO DELL'INFRASTRUTTURAZIONE PORTUALE MEDIANTE BANCHINAMENTO E REALIZZAZIONE DELLA RETROSTANTE COLMATA TRA IL PONTILE PETROLCHIMICO E COSTA MORENA EST	Relazione Idrologica-idraulica					
		09	017	DR	003	1	IDR

### Condizioni al contorno

I tratti interessati dalle verifiche sono stati discretizzati per mezzo di numerose sezioni trasversali di calcolo:

- per la situazione attuale le sezioni sono state rilevate in occasione di precedenti studi idraulici (fiume Grande - figura 3.10) e/o sono state ricavate dal rilievo nell'ambito del progetto LIDAR (canale di sfioro del fiume Grande -figura 3.11);
- nella configurazione di progetto le sezioni precedenti sono state integrate con quelle relative alla nuova configurazione di progetto.

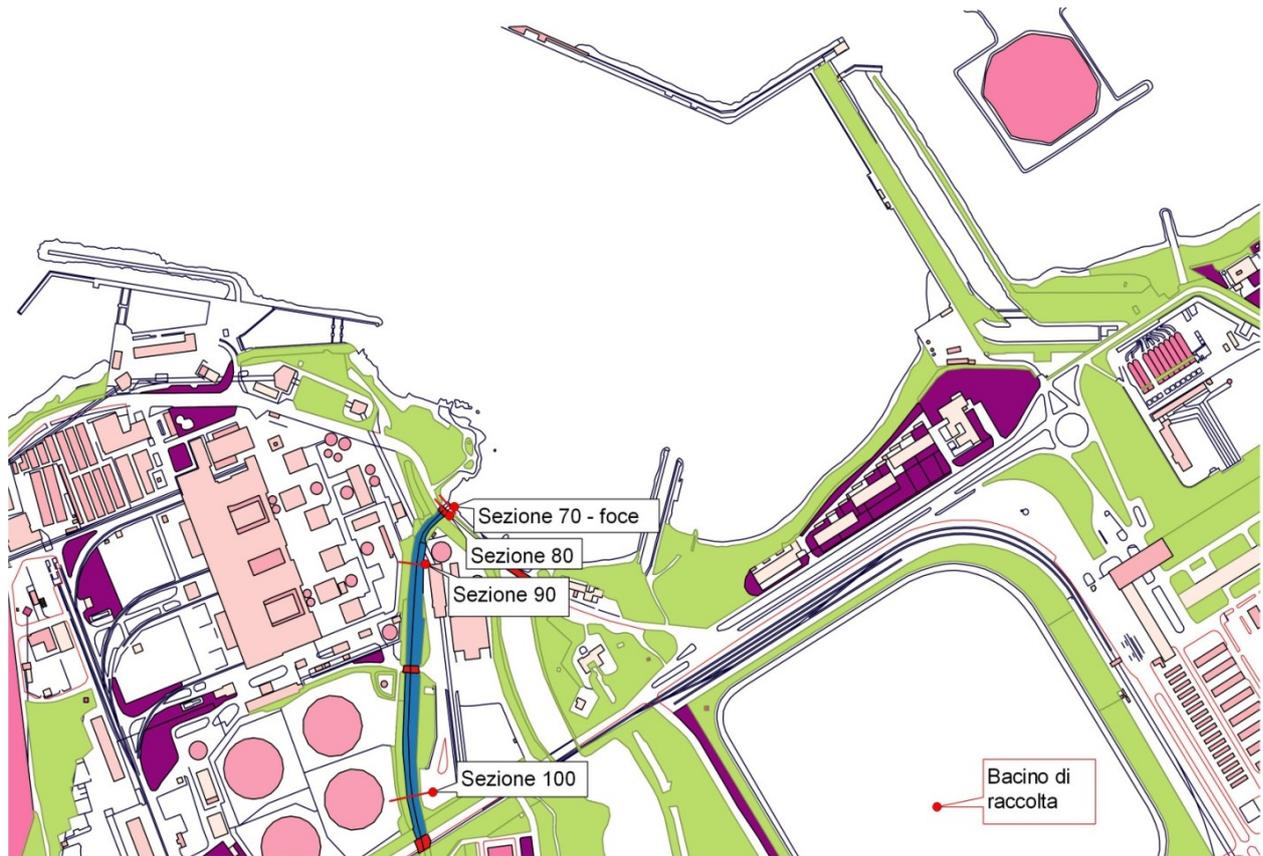
I parametri di scabrezza adottati (*coefficiente di scabrezza di Manning - n*) sono pari a **0.035** per le zone in alveo, **0.030** per le zone del nuovo canale e **0.025** per gli attraversamenti di calcestruzzo, coerenti con quelli già utilizzati nei precedenti studi idraulici.

Definizione delle condizioni al contorno e metodologia di calcolo

Per la ricostruzione dei profili di rigurgito di tutti i scenari sono state imposte le seguenti condizioni al contorno:

- a valle - il livello del mare (massimo livello di marea: +0.52 m s.l.m. - vedi studio metomarinò)
- a monte - la condizione di moto uniforme della corrente idrica, assumendo che la pendenza della cadente piezometrica e del carico totale siano parallele al fondo.

<b>Autorità di Sistema Portuale del Mar Adriatico Meridionale</b>	<b>Ufficio di BRINDISI</b> LAVORI PER IL COMPLETAMENTO DELL'INFRASTRUTTURAZIONE PORTUALE MEDIANTE BANCHINAMENTO E REALIZZAZIONE DELLA RETROSTANTE COLMATA TRA IL PONTILE PETROLCHIMICO E COSTA MORENA EST	<b>Relazione Idrologica-idraulica</b>				
		09	017	DR	003	1

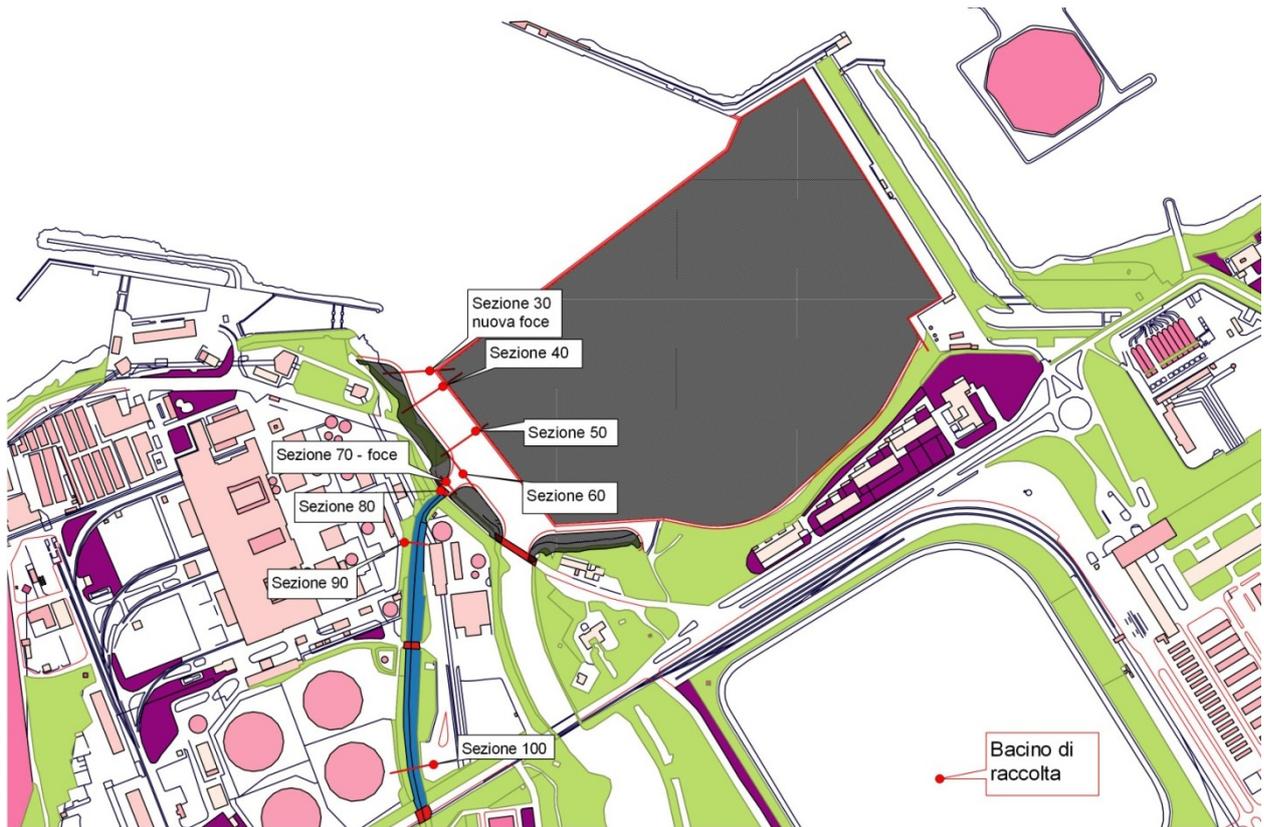


**figura 3.10 - Fiume Grande - situazione attuale - scenario A1**



**figura 3.11 - canale di sfioro del "Fiume Grande" e canale Polimeri - situazione attuale - scenario B1 e C1**

<b>Autorità di Sistema Portuale del Mar Adriatico Meridionale</b>	<b>Ufficio di BRINDISI</b> LAVORI PER IL COMPLETAMENTO DELL'INFRASTRUTTURAZIONE PORTUALE MEDIANTE BANCHINAMENTO E REALIZZAZIONE DELLA RETROSTANTE COLMATA TRA IL PONTILE PETROLCHIMICO E COSTA MORENA EST	<b>Relazione Idrologica-idraulica</b>				
		09	017	DR	003	1



**figura 3.12 - Fiume Grande - Situazione di progetto - scenario (A2 e A3)**



**figura 3.13 - canale di sfioro del Fiume Grande - situazione di progetto (B2, B3 e B4)**

Autorità di Sistema Portuale del Mar Adriatico Meridionale	Ufficio di BRINDISI LAVORI PER IL COMPLETAMENTO DELL'INFRASTRUTTURAZIONE PORTUALE MEDIANTE BANCHINAMENTO E REALIZZAZIONE DELLA RETROSTANTE COLMATA TRA IL PONTILE PETROLCHIMICO E COSTA MORENA EST	Relazione Idrologica-idraulica				
		09	017	DR	003	1

### Analisi dei risultati - Scenari A1,A2 e A3 (Fiume Grande)

Nelle tabelle 3.1,3.2 e 3.3 e nei grafici da 3.14 a 3.16 sono sintetizzati i risultati ottenuti dalle simulazioni per la configurazione attuale (A1) e per quella di progetto (A2 e A3) , da cui si evince che, relativamente al canale del Fiume Grande:

#### 1. *Tratto da via Enrico Fermi sino al ponte sulla litoranea:*

- La corrente idrica per ogni portata simulata risulta sempre in corrente lenta fino al ponte sulla litoranea dove raggiunge la condizione critica, mantenendo per tutti i 3 scenari gli stessi battenti idrici e le stesse velocità medie.
- Le velocità medie variano da 1.4 m/s ( $T_r = 30$  anni) nella sezione iniziale, a circa 3.9 m/s ( $T_r = 500$  anni) in corrispondenza del ponte.
- il ponte sulla strada litoranea risulta sormontato per eventi associati a tempi di ritorno superiori ai 30 anni
- la corrente idrica risulta contenuta all'interno del corso d'acqua limitato dai muri di confine delle industrie.

#### 2. *Tratto a valle del ponte (culvert) sulla litoranea:*

- il comportamento idraulico delle piene relativamente alla zona del "culvert" è assimilabile a quello di uno stramazzo a soglia a grossa, con la lama d'acqua che si infrange nella zona di valle, in quanto la soglia è posta abbondantemente sopra il l.m.m (+0.40 m slm) e, per portate elevate (200 e 500 anni), una parte della corrente idrica passa al di sopra del piano stradale; il modello monodimensionale (hec-ras) non è in grado di simulare tale circostanza in maniera corretta, pertanto vengono riportate nei vari scenari velocità eccessivamente elevate.
- Per gli scenari di progetto A2 e A3 il nuovo canale è sufficientemente ampio da consentire il transito delle piene con un innalzamento dei livelli dell'ordine di qualche centimetro e con modeste velocità medie (0.5-0.7 m/s)
- nello scenario A3, che prevede il contemporaneo scarico del canale Polimeri con l'arrivo della piena dal fiume Grande, il profilo di rigurgito risulta superiore rispetto alla scenario A2 di 1 cm.
- la corrente idrica risulta contenuta all'interno del corso d'acqua limitato dai muri di confine delle industrie per il tratto a monte del ponte e dalla scogliera e dal palancoato a valle.

Le nuove opere non determinano variazioni di livello e di velocità nel tratto a monte del ponte, in quanto in corrispondenza del ponte l'acqua è costretta a passare in condizioni critiche formando una cerniera idraulica, sia nella configurazione attuale che in quella di progetto.

<b>Autorità di Sistema Portuale del Mar Adriatico Meridionale</b>	Ufficio di BRINDISI						<b>Relazione Idrologica-idraulica</b>					
	LAVORI PER IL COMPLETAMENTO DELL'INFRASTRUTTURAZIONE PORTUALE MEDIANTE BANCHINAMENTO E REALIZZAZIONE DELLA RETROSTANTE COLMATA TRA IL PONTILE PETROLCHIMICO E COSTA MORENA EST						09	017	DR	003	1	IDR

**tabella 3.1 - Principali parametri idraulici - Tr = 30 anni - Fiume Grande  
configurazione: attuale (A1) e di progetto (A2 e A3)**

Reach	River Station	Plan	Portata (m³/s)	Quota thalweg (m s.l.m.)	Quota Livello idrico (m s.l.m.)	Quota livello critico (m s.l.m.)	Quota energia (m s.l.m.)	Pendenza energia (m/m)	Velocità (m/s)
canale	100	A1_attuale	35.4	0.70	<b>3.27</b>	1.96	3.37	0.1146%	1.40
canale	100	A2_progetto	35.4	0.70	<b>3.27</b>	1.96	3.37	0.1146%	1.40
canale	100	A3_progetto	35.4	0.70	<b>3.27</b>	1.96	3.37	0.1146%	1.40
canale	90	A1_attuale	35.4	0.40	<b>2.86</b>	1.81	3.00	0.1790%	1.75
canale	90	A2_progetto	35.4	0.40	<b>2.86</b>	1.81	3.00	0.1790%	1.75
canale	90	A3_progetto	35.4	0.40	<b>2.86</b>	1.81	3.00	0.1790%	1.75
canale	85	A1_attuale	35.4	0.20	<b>2.71</b>	1.93	2.86	0.2009%	1.79
canale	85	A2_progetto	35.4	0.20	<b>2.71</b>	1.93	2.86	0.2009%	1.79
canale	85	A3_progetto	35.4	0.20	<b>2.71</b>	1.93	2.86	0.2009%	1.79
canale	82		Culvert						
canale	80	A1_attuale	35.4	0.20	<b>1.78</b>	1.78	2.47	1.7311%	3.68
canale	80	A2_progetto	35.4	0.20	<b>1.78</b>	1.78	2.47	1.7383%	3.69
canale	80	A3_progetto	35.4	0.20	<b>1.78</b>	1.78	2.47	1.7383%	3.69
canale	70	A1_attuale	35.4	-1.00	<b>-0.26</b>	0.30	1.77	7.8456%	6.30
canale	70	A2_progetto	35.4	0.40	<b>0.84</b>	1.23	2.36	12.3254%	5.45
canale	70	A3_progetto	35.4	0.40	<b>0.84</b>	1.23	2.36	12.3254%	5.45
canale	60	A1_attuale	35.4	-1.50	<b>0.52</b>	-0.36	0.65	0.1408%	1.61
canale	60	A2_progetto	35.4	0.00	<b>0.53</b>	0.77	1.31	3.5633%	3.91
canale	60	A3_progetto	35.4	0.00	<b>0.53</b>	0.77	1.31	3.5633%	3.91
canale	55	A2_progetto	35.4	-3.00	<b>0.52</b>	-2.46	0.53	0.0017%	0.26
canale	55	A3_progetto	55.4	-3.00	<b>0.53</b>	-2.27	0.53	0.0041%	0.41
canale	50	A2_progetto	35.4	-3.00	<b>0.52</b>	-2.58	0.53	0.0011%	0.23
canale	50	A3_progetto	55.4	-3.00	<b>0.53</b>	-2.43	0.53	0.0027%	0.36
canale	40	A2_progetto	35.4	-3.00	<b>0.52</b>	-2.58	0.52	0.0011%	0.23
canale	40	A3_progetto	55.4	-3.00	<b>0.52</b>	-2.43	0.53	0.0027%	0.36
canale	30	A2_progetto	35.4	-3.00	<b>0.52</b>	-2.51	0.52	0.0017%	0.28
canale	30	A3_progetto	55.4	-3.00	<b>0.52</b>	-2.34	0.53	0.0042%	0.44

<b>Autorità di Sistema Portuale del Mar Adriatico Meridionale</b>	<b>Ufficio di BRINDISI</b>					<b>Relazione Idrologica-idraulica</b>				
	LAVORI PER IL COMPLETAMENTO DELL'INFRASTRUTTURAZIONE PORTUALE MEDIANTE BANCHINAMENTO E REALIZZAZIONE DELLA RETROSTANTE COLMATA TRA IL PONTILE PETROLCHIMICO E COSTA MORENA EST					09	017	DR	003	1

**tabella 3.2- Principali parametri idraulici - Tr = 200 anni - Fiume Grande  
configurazione: attuale (A1) e di progetto (A2 e A3)**

Reach	River Station	Plan	Portata	Quota thalweg	Quota Livello idrico	Quota livello critico	Quota energia	Pendenza energia	Velocità
			(m³/s)	(m s.l.m.)	(m s.l.m.)	(m s.l.m.)	(m s.l.m.)	(m/m)	(m/s)
canale	100	A1_attuale	67.2	0.70	<b>4.37</b>	2.58	4.51	0.1104%	1.67
canale	100	A2_progetto	67.2	0.70	<b>4.37</b>	2.58	4.51	0.1104%	1.67
canale	100	A3_progetto	67.2	0.70	<b>4.37</b>	2.58	4.51	0.1104%	1.67
canale	90	A1_attuale	67.2	0.40	<b>4.03</b>	2.58	4.21	0.1436%	2.04
canale	90	A2_progetto	67.2	0.40	<b>4.03</b>	2.58	4.21	0.1436%	2.04
canale	90	A3_progetto	67.2	0.40	<b>4.03</b>	2.58	4.21	0.1436%	2.04
canale	85	A1_attuale	67.2	0.20	<b>3.92</b>	2.47	4.10	0.1477%	2.03
canale	85	A2_progetto	67.2	0.20	<b>3.92</b>	2.47	4.10	0.1477%	2.03
canale	85	A3_progetto	67.2	0.20	<b>3.92</b>	2.47	4.10	0.1477%	2.03
canale	82		Culvert						
canale	80	A1_attuale	67.2	0.20	<b>2.65</b>	2.65	3.25	0.9389%	3.65
canale	80	A2_progetto	67.2	0.20	<b>2.65</b>	2.65	3.25	0.9437%	3.65
canale	80	A3_progetto	67.2	0.20	<b>2.65</b>	2.65	3.25	0.9437%	3.65
canale	70	A1_attuale	67.2	-1.00	<b>0.41</b>	0.97	2.32	3.0225%	6.11
canale	70	A2_progetto	67.2	0.40	<b>1.09</b>	1.64	3.09	9.3779%	6.25
canale	70	A3_progetto	67.2	0.40	<b>1.09</b>	1.64	3.09	9.3779%	6.25
canale	60	A1_attuale	67.2	-1.50	<b>-0.44</b>	0.16	1.66	6.0661%	6.42
canale	60	A2_progetto	67.2	0.00	<b>0.75</b>	1.16	2.08	4.0287%	5.11
canale	60	A3_progetto	67.2	0.00	<b>0.75</b>	1.16	2.08	4.0287%	5.11
canale	55	A2_progetto	67.2	-3.00	<b>0.53</b>	-2.17	0.54	0.0060%	0.50
canale	55	A3_progetto	87.2	-3.00	<b>0.54</b>	-2.02	0.56	0.0100%	0.64
canale	50	A2_progetto	67.2	-3.00	<b>0.53</b>	-2.35	0.54	0.0040%	0.44
canale	50	A3_progetto	87.2	-3.00	<b>0.54</b>	-2.23	0.55	0.0066%	0.57
canale	40	A2_progetto	67.2	-3.00	<b>0.53</b>	-2.35	0.54	0.0040%	0.44
canale	40	A3_progetto	87.2	-3.00	<b>0.53</b>	-2.23	0.55	0.0067%	0.57
canale	30	A2_progetto	67.2	-3.00	<b>0.52</b>	-2.25	0.53	0.0062%	0.54
canale	30	A3_progetto	87.2	-3.00	<b>0.52</b>	-2.11	0.54	0.0105%	0.70

<b>Autorità di Sistema Portuale del Mar Adriatico Meridionale</b>	Ufficio di BRINDISI		<b>Relazione Idrologica-idraulica</b>					
	LAVORI PER IL COMPLETAMENTO DELL'INFRASTRUTTURAZIONE PORTUALE MEDIANTE BANCHINAMENTO E REALIZZAZIONE DELLA RETROSTANTE COLMATA TRA IL PONTILE PETROLCHIMICO E COSTA MORENA EST			09	017	DR	003	1

**tabella 3.3- Principali parametri idraulici - Tr = 500 anni - Fiume Grande  
configurazione: attuale (A1) e di progetto (A2 e A3)**

Reach	River Station	Plan	Portata (m³/s)	Quota thalweg (m s.l.m.)	Quota Livello idrico (m s.l.m.)	Quota livello critico (m s.l.m.)	Quota energia (m s.l.m.)	Pendenza energia (m/m)	Velocità (m/s)
canale	100	A1_attuale	85.2	0.70	<b>4.80</b>	2.87	4.97	0.1100%	1.83
canale	100	A2_progetto	85.2	0.70	<b>4.80</b>	2.87	4.97	0.1100%	1.83
canale	100	A3_progetto	85.2	0.70	<b>4.80</b>	2.87	4.97	0.1100%	1.83
canale	90	A1_attuale	85.2	0.40	<b>4.43</b>	2.83	4.65	0.1574%	2.29
canale	90	A2_progetto	85.2	0.40	<b>4.43</b>	2.83	4.65	0.1575%	2.29
canale	90	A3_progetto	85.2	0.40	<b>4.43</b>	2.83	4.65	0.1575%	2.29
canale	85	A1_attuale	85.2	0.20	<b>4.31</b>	2.71	4.53	0.1634%	2.29
canale	85	A2_progetto	85.2	0.20	<b>4.31</b>	2.71	4.53	0.1634%	2.29
canale	85	A3_progetto	85.2	0.20	<b>4.31</b>	2.71	4.53	0.1634%	2.29
canale	82		Culvert						
canale	80	A1_attuale	85.2	0.20	<b>2.87</b>	2.87	3.55	0.9690%	3.94
canale	80	A2_progetto	85.2	0.20	<b>2.87</b>	2.87	3.55	0.9691%	3.94
canale	80	A3_progetto	85.2	0.20	<b>2.87</b>	2.87	3.55	0.9691%	3.94
canale	70	A1_attuale	85.2	-1.00	<b>2.04</b>	1.30	2.10	0.0480%	1.14
canale	70	A2_progetto	85.2	0.40	<b>1.22</b>	1.83	3.38	8.2940%	6.51
canale	70	A3_progetto	85.2	0.40	<b>1.22</b>	1.83	3.38	8.2940%	6.51
canale	60	A1_attuale	85.2	-1.50	<b>-0.14</b>	0.41	1.72	3.5982%	6.03
canale	60	A2_progetto	85.2	0.00	<b>0.86</b>	1.34	2.44	4.0741%	5.58
canale	60	A3_progetto	85.2	0.00	<b>0.86</b>	1.34	2.44	4.0741%	5.58
canale	55	A2_progetto	85.2	-3.00	<b>0.54</b>	-2.04	0.56	0.0095%	0.63
canale	55	A3_progetto	105.2	-3.00	<b>0.54</b>	-1.90	0.57	0.0144%	0.77
canale	50	A2_progetto	85.2	-3.00	<b>0.53</b>	-2.24	0.55	0.0063%	0.56
canale	50	A3_progetto	105.2	-3.00	<b>0.54</b>	-2.13	0.57	0.0096%	0.68
canale	40	A2_progetto	85.2	-3.00	<b>0.53</b>	-2.24	0.55	0.0064%	0.56
canale	40	A3_progetto	105.2	-3.00	<b>0.54</b>	-2.13	0.56	0.0096%	0.69
canale	30	A2_progetto	85.2	-3.00	<b>0.52</b>	-2.12	0.54	0.0100%	0.68
canale	30	A3_progetto	105.2	-3.00	<b>0.52</b>	-1.99	0.56	0.0153%	0.84

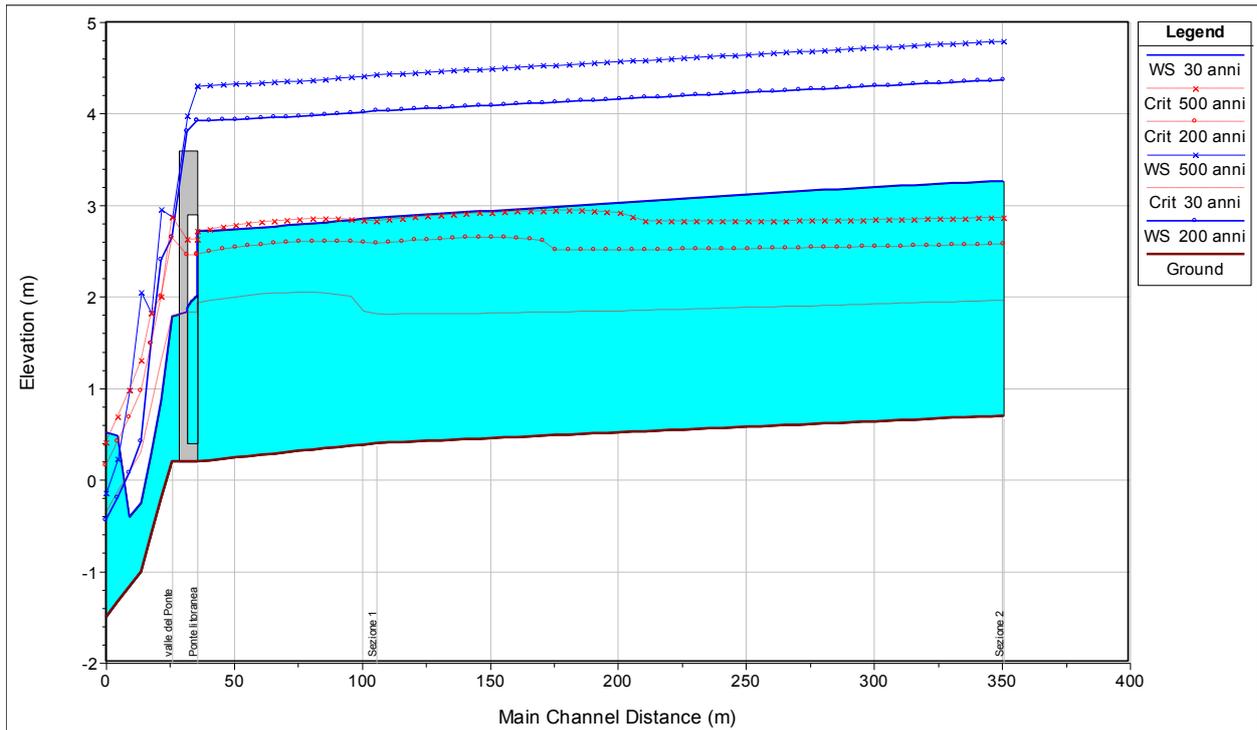


figura 3.14 - Profilo di rigurgito HEC-RAS - situazione attuale (A1) - tempo di ritorno di 30, 200 e 500 anni

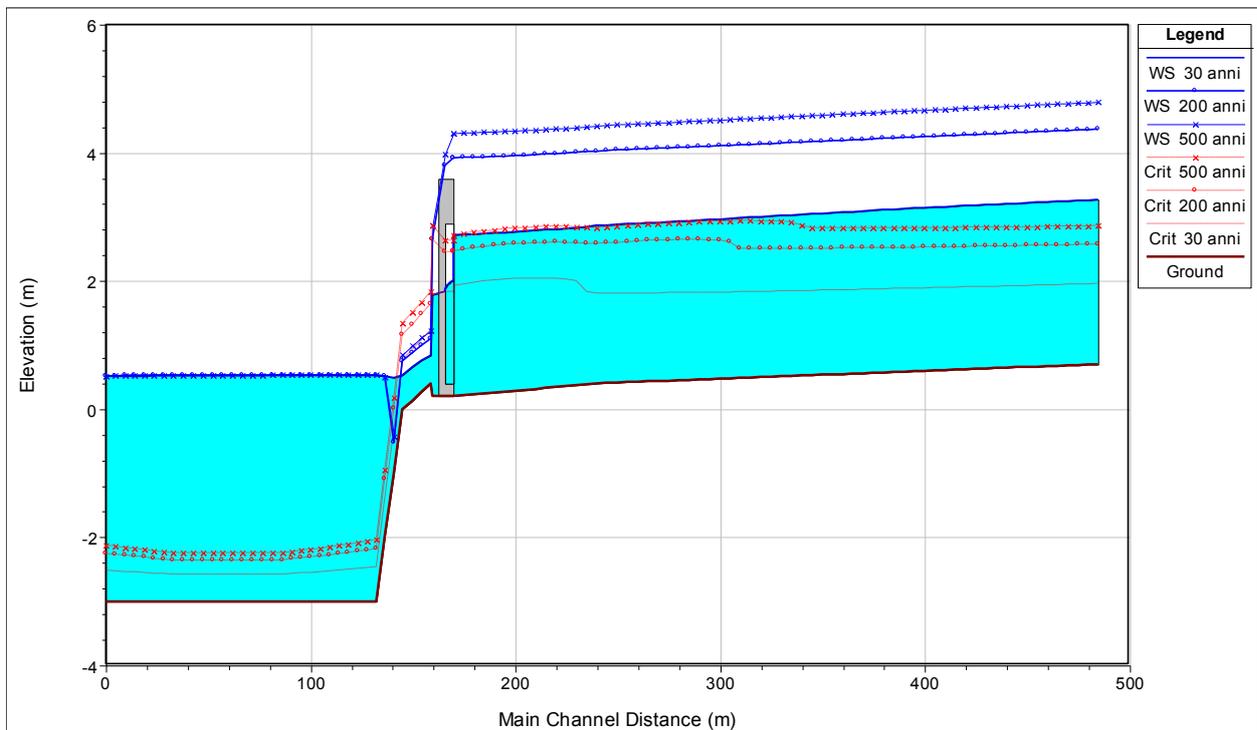


figura 3.15 - Profilo di rigurgito HEC-RAS - situazione di progetto (A2) - tempo di ritorno di 30, 200 e 500 anni

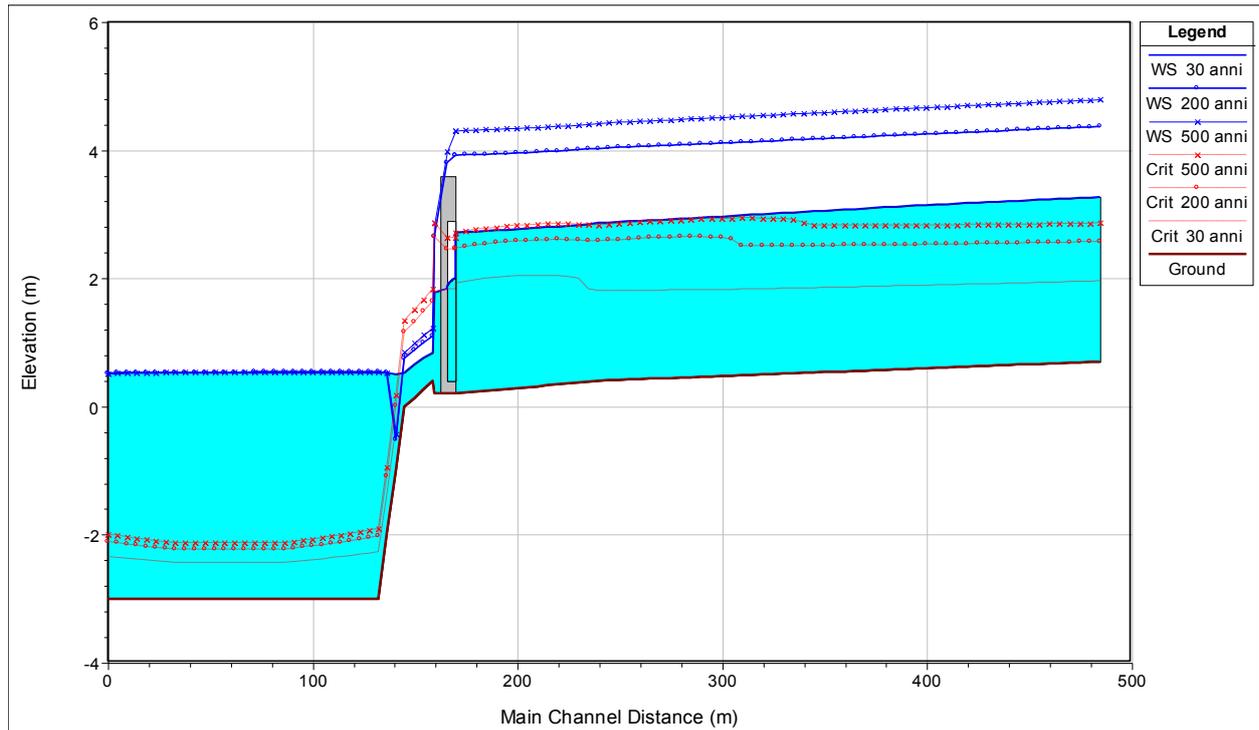


figura 3.16 - Profilo di rigurgito HEC-RAS - situazione di progetto (A3) - tempo di ritorno di 30, 200 e 500 anni

Autorità di Sistema Portuale del Mar Adriatico Meridionale	Ufficio di BRINDISI LAVORI PER IL COMPLETAMENTO DELL'INFRASTRUTTURAZIONE PORTUALE MEDIANTE BANCHINAMENTO E REALIZZAZIONE DELLA RETROSTANTE COLMATA TRA IL PONTILE PETROLCHIMICO E COSTA MORENA EST	Relazione Idrologica-idraulica					
		09	017	DR	003	1	IDR

canale di sfioro del Fiume Grande ex Montedison - scenari: B1, B2, B3 e B4

Nelle tabelle 3.4 e 3.5 e nei grafici da 3.17 a 3.20 sono sintetizzati i risultati ottenuti dalle simulazioni per la configurazione attuale (B1) e per quella di progetto (B2, B3 e B4) , da cui si evince che, relativamente al canale di sfioro del Fiume Grande:

1. *Tratto da via Enrico Fermi sino al ponte sulla litoranea:*

- La corrente idrica per ogni portata simulata risulta sempre in corrente lenta fino al ponte sulla litoranea dove raggiunge la condizione critica, mantenendo per tutti gli scenari gli stessi battenti idrici e le stesse velocità medie.
- Le velocità medie variano da 1.1 m/s ( $Q = 20 \text{ m}^3/\text{s}$ ) nella sezione iniziale, a circa 2.2 m/s ( $Q = 100 \text{ m}^3/\text{s}$ ) in corrispondenza del ponte.
- il ponte sulla strada litoranea non viene sormontato per nessuna delle portate considerate ed in nessuno scenario
- la corrente idrica risulta contenuta all'interno dell'attuale corso d'acqua

2. *Tratto a valle del ponte (su pile) sulla litoranea:*

- Per gli scenari di progetto B2, B3 e B4 il nuovo canale è sufficientemente ampio da consentire il transito delle piene con un innalzamento dei livelli dell'ordine di qualche centimetro e con modeste velocità medie (0.5-0.7 m/s)
- nello scenario B4, che prevede il contemporaneo scarico del canale Polimeri, del canale di sfioro del fiume Grande ( $100 \text{ m}^3/\text{s}$ ) e del canale Fiume Grande (portata ordinaria -  $Tr = 5$  anni), il profilo di rigurgito risulta superiore rispetto alla scenario B2 di appena 3 cm.
- la corrente idrica continua ad essere contenuta all'interno del corso d'acqua limitato dalla scogliera a sinistra e dal palancolato a destra.

Autorità di Sistema Portuale del Mar Adriatico Meridionale	Ufficio di BRINDISI						Relazione Idrologica-idraulica					
	LAVORI PER IL COMPLETAMENTO DELL'INFRASTRUTTURAZIONE PORTUALE MEDIANTE BANCHINAMENTO E REALIZZAZIONE DELLA RETROSTANTE COLMATA TRA IL PONTILE PETROLCHIMICO E COSTA MORENA EST						09	017	DR	003	1	IDR

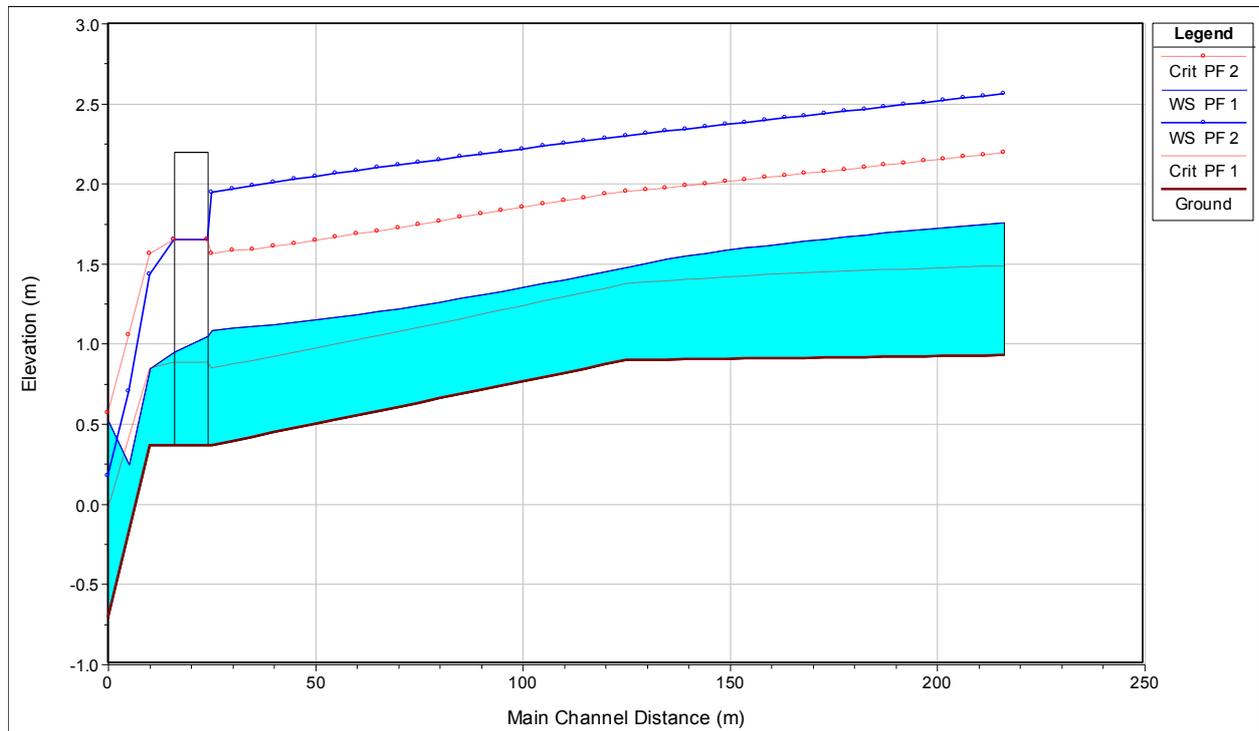
**tabella 3.4- Principali parametri idraulici - Canale sfioro del Fiume Grande (Q = 20 m³/s)  
configurazione: attuale (B1) e di progetto (B2, B3 E B4)**

Reach	River Station	Plan	Portata	Quota thalweg	Quota Livello idrico	Quota livello critico	Quota energia	Pendenza energia	Velocità
			(m³/s)	(m s.l.m.)	(m s.l.m.)	(m s.l.m.)	(m s.l.m.)	(m/m)	(m/s)
canale	2000	Attuale B1	20	0.93	<b>1.76</b>	1.49	1.82	0.2152%	1.08
canale	2000	progetto B2	20	0.93	<b>1.76</b>	1.49	1.82	0.2152%	1.08
canale	2000	Progetto B3	20	0.93	<b>1.76</b>	1.49	1.82	0.2152%	1.08
canale	2000	Progetto B4	20	0.93	<b>1.76</b>	1.49	1.82	0.2152%	1.08
canale	1800	Attuale B1	20	0.90	<b>1.48</b>	1.37	1.56	0.4906%	1.26
canale	1800	progetto B2	20	0.90	<b>1.48</b>	1.37	1.56	0.4907%	1.26
canale	1800	Progetto B3	20	0.90	<b>1.48</b>	1.37	1.56	0.4907%	1.26
canale	1800	Progetto B4	20	0.90	<b>1.48</b>	1.37	1.56	0.4907%	1.26
canale	1700	Attuale B1	20	0.37	<b>1.09</b>	0.85	1.15	0.2447%	1.14
canale	1700	progetto B2	20	0.37	<b>1.09</b>	0.85	1.15	0.2447%	1.14
canale	1700	Progetto B3	20	0.37	<b>1.09</b>	0.85	1.15	0.2447%	1.14
canale	1700	Progetto B4	20	0.37	<b>1.09</b>	0.85	1.15	0.2446%	1.14
canale	1680		Bridge						
canale	1650	Attuale B1	20	0.37	<b>0.85</b>	0.85	1.03	1.2380%	1.91
canale	1650	progetto B2	20	0.37	<b>0.85</b>	0.85	1.03	1.2380%	1.91
canale	1650	Progetto B3	20	0.37	<b>0.85</b>	0.85	1.03	1.2380%	1.91
canale	1650	Progetto B4	20	0.37	<b>0.85</b>	0.85	1.03	1.2380%	1.91
canale	1600	Attuale B1	20	-0.71	<b>0.52</b>	-0.03	0.54	0.0485%	0.61
canale	1600	progetto B2	20	-0.71	<b>0.51</b>	-0.03	0.53	0.0508%	0.62
canale	1600	Progetto B3	20	-0.71	<b>0.52</b>	-0.03	0.53	0.0495%	0.61
canale	1600	Progetto B4	20	-0.71	<b>0.52</b>	-0.03	0.54	0.0481%	0.61
canale	1500	progetto B2	20	-1.00	<b>0.52</b>	-0.65	0.52	0.0092%	0.40
canale	1500	Progetto B3	20	-1.00	<b>0.52</b>	-0.65	0.53	0.0090%	0.39
canale	1500	Progetto B4	20	-1.00	<b>0.53</b>	-0.65	0.54	0.0089%	0.39
nuovo	10000	progetto B2	20	-3.00	<b>0.52</b>	-2.75	0.52	0.0002%	0.11
nuovo	10000	Progetto B3	40	-3.00	<b>0.53</b>	-2.60	0.53	0.0009%	0.22
nuovo	10000	Progetto B4	40	-3.00	<b>0.53</b>	-2.60	0.54	0.0009%	0.22
nuovo	9500	progetto B2	20	-3.00	<b>0.52</b>	-2.71	0.52	0.0004%	0.13
nuovo	9500	Progetto B3	40	-3.00	<b>0.52</b>	-2.54	0.53	0.0014%	0.26
nuovo	9500	Progetto B4	40	-3.00	<b>0.53</b>	-2.54	0.53	0.0014%	0.26
nuovo	9000	progetto B2	20	-3.00	<b>0.52</b>	-2.71	0.52	0.0004%	0.13
nuovo	9000	Progetto B3	40	-3.00	<b>0.52</b>	-2.54	0.53	0.0014%	0.26
nuovo	9000	Progetto B4	40	-3.00	<b>0.53</b>	-2.54	0.53	0.0014%	0.26
nuovo	8500	progetto B2	20	-3.00	<b>0.52</b>	-2.71	0.52	0.0004%	0.13
nuovo	8500	Progetto B3	40	-3.00	<b>0.52</b>	-2.54	0.53	0.0014%	0.26
nuovo	8500	Progetto B4	54.8	-3.00	<b>0.53</b>	-2.43	0.53	0.0027%	0.36
nuovo	8000	progetto B2	20	-3.00	<b>0.52</b>	-2.71	0.52	0.0004%	0.13
nuovo	8000	Progetto B3	40	-3.00	<b>0.52</b>	-2.54	0.53	0.0014%	0.26
nuovo	8000	Progetto B4	54.8	-3.00	<b>0.53</b>	-2.43	0.53	0.0027%	0.36
nuovo	7500	progetto B2	20	-3.00	<b>0.52</b>	-2.71	0.52	0.0004%	0.13
nuovo	7500	Progetto B3	40	-3.00	<b>0.52</b>	-2.54	0.53	0.0014%	0.26
nuovo	7500	Progetto B4	54.8	-3.00	<b>0.52</b>	-2.43	0.53	0.0027%	0.36
nuovo	7000	progetto B2	20	-3.00	<b>0.52</b>	-2.67	0.52	0.0006%	0.16
nuovo	7000	Progetto B3	40	-3.00	<b>0.52</b>	-2.47	0.53	0.0022%	0.32
nuovo	7000	Progetto B4	54.8	-3.00	<b>0.52</b>	-2.35	0.53	0.0041%	0.44

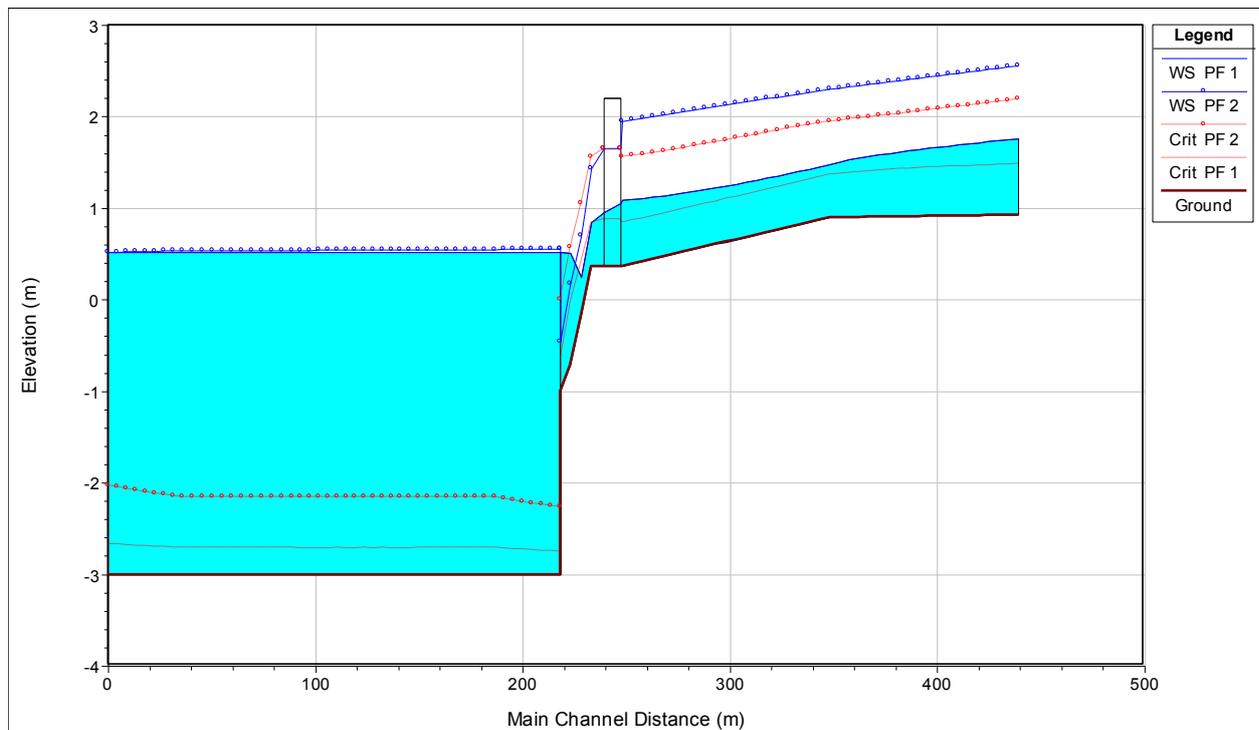
Autorità di Sistema Portuale del Mar Adriatico Meridionale	Ufficio di BRINDISI						Relazione Idrologica-idraulica					
	LAVORI PER IL COMPLETAMENTO DELL'INFRASTRUTTURAZIONE PORTUALE MEDIANTE BANCHINAMENTO E REALIZZAZIONE DELLA RETROSTANTE COLMATA TRA IL PONTILE PETROLCHIMICO E COSTA MORENA EST						09	017	DR	003	1	IDR

**tabella 3.5- Principali parametri idraulici - Canale sfioro del Fiume Grande (Q = 100 m<sup>3</sup>/s)  
configurazione: attuale (B1) e di progetto (B2, B3 E B4)**

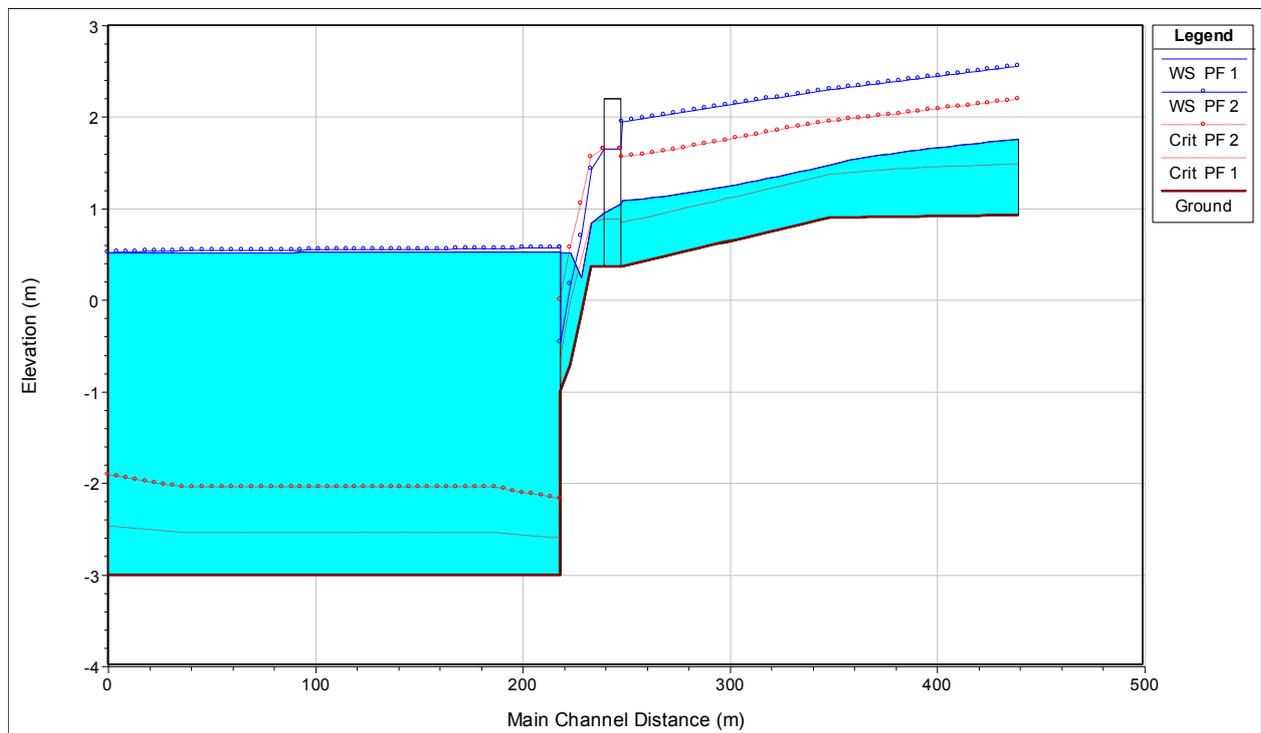
Reach	River Station	Plan	Portata	Quota thalweg	Quota Livello idrico	Quota livello critico	Quota energia	Pendenza energia	Velocità
			(m <sup>3</sup> /s)	(m s.l.m.)	(m s.l.m.)	(m s.l.m.)	(m s.l.m.)	(m/m)	(m/s)
canale	2000	Attuale B1	100	0.93	<b>2.56</b>	2.19	2.81	0.3198%	2.20
canale	2000	progetto B2	100	0.93	<b>2.56</b>	2.19	2.81	0.3198%	2.20
canale	2000	Progetto B3	100	0.93	<b>2.56</b>	2.19	2.81	0.3198%	2.20
canale	2000	Progetto B4	100	0.93	<b>2.56</b>	2.19	2.81	0.3198%	2.20
canale	1800	Attuale B1	100	0.90	<b>2.30</b>	1.95	2.50	0.3149%	2.00
canale	1800	progetto B2	100	0.90	<b>2.30</b>	1.95	2.50	0.3149%	2.00
canale	1800	Progetto B3	100	0.90	<b>2.30</b>	1.95	2.50	0.3149%	2.00
canale	1800	Progetto B4	100	0.90	<b>2.30</b>	1.95	2.50	0.3149%	2.00
canale	1700	Attuale B1	100	0.37	<b>1.95</b>	1.56	2.19	0.2952%	2.20
canale	1700	progetto B2	100	0.37	<b>1.95</b>	1.56	2.19	0.2952%	2.20
canale	1700	Progetto B3	100	0.37	<b>1.95</b>	1.56	2.19	0.2952%	2.20
canale	1700	Progetto B4	100	0.37	<b>1.95</b>	1.56	2.19	0.2952%	2.20
canale	1680		Bridge						
canale	1650	Attuale B1	100	0.37	<b>1.43</b>	1.56	2.08	1.3529%	3.56
canale	1650	progetto B2	100	0.37	<b>1.43</b>	1.56	2.08	1.3529%	3.56
canale	1650	Progetto B3	100	0.37	<b>1.43</b>	1.56	2.08	1.3529%	3.56
canale	1650	Progetto B4	100	0.37	<b>1.43</b>	1.56	2.08	1.3529%	3.56
canale	1600	Attuale B1	100	-0.71	<b>0.18</b>	0.57	1.61	6.4486%	5.30
canale	1600	progetto B2	100	-0.71	<b>0.18</b>	0.57	1.61	6.4487%	5.30
canale	1600	Progetto B3	100	-0.71	<b>0.18</b>	0.57	1.61	6.4487%	5.30
canale	1600	Progetto B4	100	-0.71	<b>0.18</b>	0.57	1.61	6.4487%	5.30
canale	1500	progetto B2	100	-1.00	<b>-0.46</b>	0.00	1.24	7.0666%	5.77
canale	1500	Progetto B3	100	-1.00	<b>-0.46</b>	0.00	1.24	7.0666%	5.77
canale	1500	Progetto B4	100	-1.00	<b>-0.46</b>	0.00	1.24	7.0666%	5.77
nuovo	10000	progetto B2	100	-3.00	<b>0.56</b>	-2.26	0.57	0.0057%	0.54
nuovo	10000	Progetto B3	120	-3.00	<b>0.58</b>	-2.17	0.60	0.0081%	0.65
nuovo	10000	Progetto B4	120	-3.00	<b>0.59</b>	-2.17	0.61	0.0080%	0.64
nuovo	9500	progetto B2	100	-3.00	<b>0.55</b>	-2.15	0.57	0.0087%	0.65
nuovo	9500	Progetto B3	120	-3.00	<b>0.56</b>	-2.05	0.59	0.0124%	0.78
nuovo	9500	Progetto B4	120	-3.00	<b>0.58</b>	-2.05	0.61	0.0122%	0.78
nuovo	9000	progetto B2	100	-3.00	<b>0.55</b>	-2.15	0.57	0.0087%	0.65
nuovo	9000	Progetto B3	120	-3.00	<b>0.56</b>	-2.05	0.59	0.0124%	0.78
nuovo	9000	Progetto B4	120	-3.00	<b>0.58</b>	-2.05	0.61	0.0122%	0.78
nuovo	8500	progetto B2	100	-3.00	<b>0.54</b>	-2.15	0.57	0.0088%	0.66
nuovo	8500	Progetto B3	120	-3.00	<b>0.55</b>	-2.04	0.59	0.0126%	0.79
nuovo	8500	Progetto B4	134.8	-3.00	<b>0.56</b>	-1.97	0.60	0.0158%	0.88
nuovo	8000	progetto B2	100	-3.00	<b>0.54</b>	-2.15	0.56	0.0088%	0.65
nuovo	8000	Progetto B3	120	-3.00	<b>0.55</b>	-2.05	0.58	0.0125%	0.78
nuovo	8000	Progetto B4	134.8	-3.00	<b>0.56</b>	-1.97	0.60	0.0157%	0.88
nuovo	7500	progetto B2	100	-3.00	<b>0.54</b>	-2.15	0.56	0.0088%	0.66
nuovo	7500	Progetto B3	120	-3.00	<b>0.54</b>	-2.05	0.57	0.0126%	0.78
nuovo	7500	Progetto B4	134.8	-3.00	<b>0.55</b>	-1.97	0.59	0.0158%	0.88
nuovo	7000	progetto B2	100	-3.00	<b>0.52</b>	-2.03	0.55	0.0138%	0.80
nuovo	7000	Progetto B3	120	-3.00	<b>0.52</b>	-1.91	0.57	0.0198%	0.96
nuovo	7000	Progetto B4	134.8	-3.00	<b>0.52</b>	-1.82	0.58	0.0250%	1.08



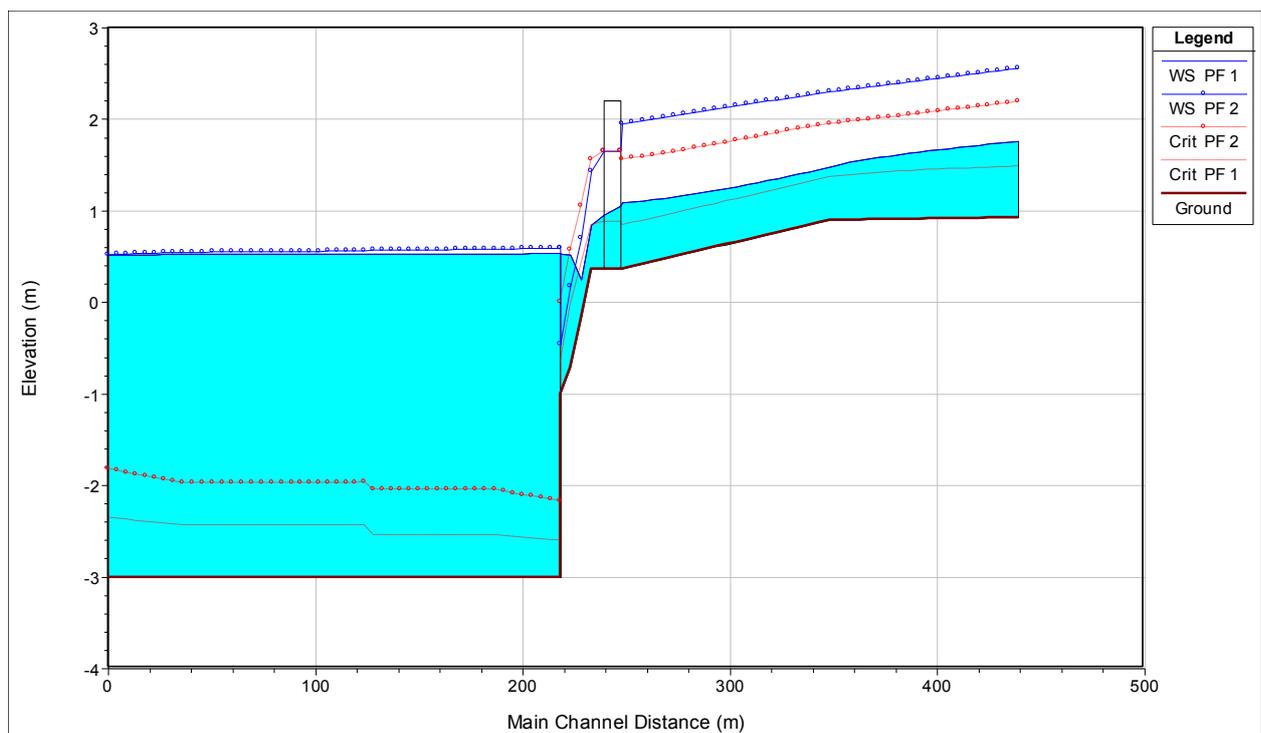
**figura 3.17** - Profilo di rigurgito HEC-RAS - situazione di attuale (B1) -  $Q_c = 20$  e  $100 \text{ m}^3/\text{s}$



**figura 3.18** - Profilo di rigurgito HEC-RAS - situazione di progetto (B2) -  $Q_c = 20$  e  $100 \text{ m}^3/\text{s}$



**figura 3.19** - Profilo di rigurgito HEC-RAS - situazione di progetto (B3) -  $Q_c = 20$  e  $100 \text{ m}^3/\text{s}$  -  $Q_p = 20 \text{ m}^3/\text{s}$



**figura 3.20** - Profilo di rigurgito - situazione di progetto (B4) -  $Q_c = 20$  e  $100 \text{ m}^3/\text{s}$  -  $Q_p = 20 \text{ m}^3/\text{s}$  -  $Q_f = 14.8 \text{ m}^3/\text{s}$

Autorità di Sistema Portuale del Mar Adriatico Meridionale	Ufficio di BRINDISI LAVORI PER IL COMPLETAMENTO DELL'INFRASTRUTTURAZIONE PORTUALE MEDIANTE BANCHINAMENTO E REALIZZAZIONE DELLA RETROSTANTE COLMATA TRA IL PONTILE PETROLCHIMICO E COSTA MORENA EST	Relazione Idrologica-idraulica				
		09	017	DR	003	1

canale di scarico Polimeri - scenari: C1, C2, e C3

Nelle tabelle 3.6 e 3.7 e nei grafici da 3.21 a 3.22 sono sintetizzati i risultati ottenuti dalle simulazioni per la configurazione attuale (C1) e per quella di progetto (C2 e C3), da cui si evince che:

1. *Situazione attuale:*

- La corrente idrica risulta sempre in corrente lenta
- Le velocità medie variano da 1.04 m/s ( $Q = 20 \text{ m}^3/\text{s}$ ) nella sezione iniziale, a circa 1.1 m/s nella sezione di foce.
- la corrente idrica risulta contenuta all'interno dell'attuale corso d'acqua
- Il massimo valore della superficie idrica è pari a 0.62 m (con una variazione di livello tra la foce e l'immissione della portata di 10 cm)

2. *Situazione di progetto*

- Per gli scenari di progetto C2 e C3 il nuovo canale è sufficientemente ampio da consentire il transito della portata con un innalzamento dei livelli dell'ordine di qualche centimetro rispetto alla situazione attuale con modeste velocità medie (circa 1.0 m/s)
- nello scenario C3, che prevede il contemporaneo scarico del canale Polimeri e del canale Fiume Grande (con una portata associata a piene di 30, 200 e 500 anni di tempo di ritorno), il profilo di rigurgito risulta superiore rispetto alla scenario C1 di appena 2 cm in prossimità della sezione iniziale ed in concomitanza di una piena di 500 anni.
- la corrente idrica continua ad essere contenuta all'interno del corso d'acqua limitato dalla scogliera a sinistra e dal palancolato a destra.

In definitiva la soluzione adottata, caratterizzata da un canale (larghezza 40 m - profondità: 3 m) posto lateralmente alla vasca di colmata e che raccoglie le acque provenienti dai 3 canali esistenti, risulta essere perfettamente compatibile con la funzionalità di scarico della Polimeri.

<b>Autorità di Sistema Portuale del Mar Adriatico Meridionale</b>	Ufficio di BRINDISI		<b>Relazione Idrologica-idraulica</b>				
	LAVORI PER IL COMPLETAMENTO DELL'INFRASTRUTTURAZIONE PORTUALE MEDIANTE BANCHINAMENTO E REALIZZAZIONE DELLA RETROSTANTE COLMATA TRA IL PONTILE PETROLCHIMICO E COSTA MORENA EST		09	017	DR	003	1

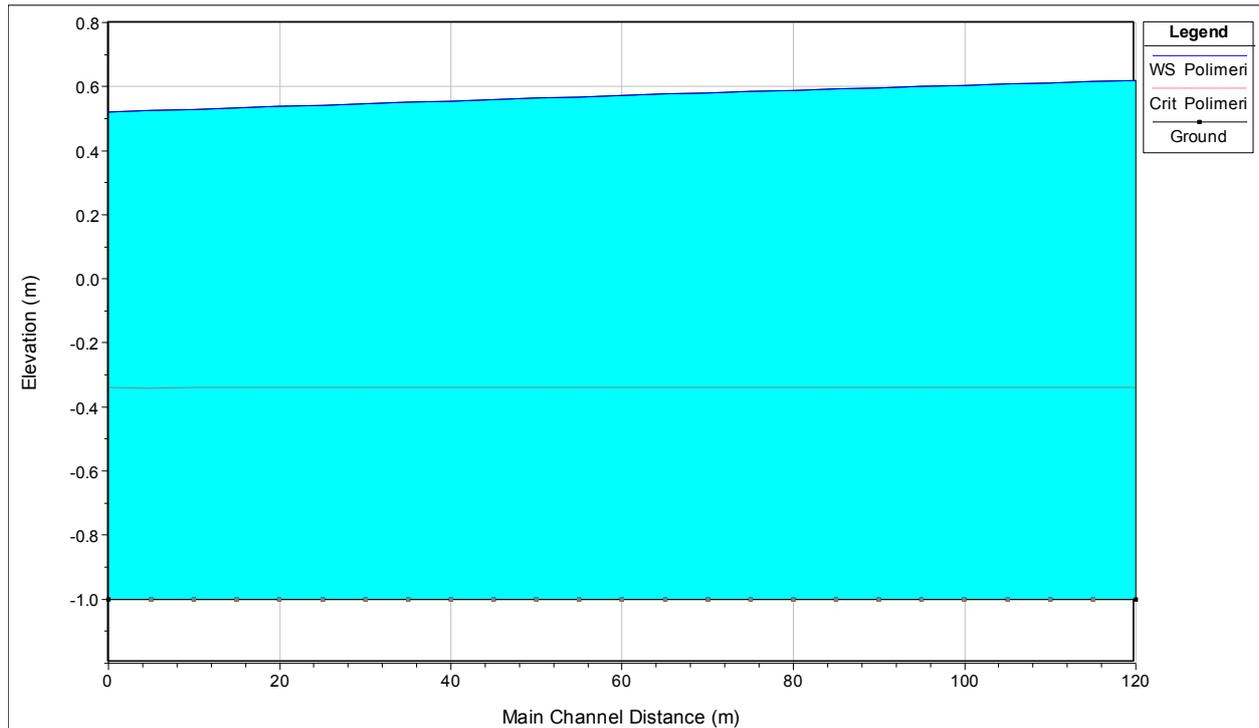
**tabella 3.6- Principali parametri idraulici - Canale Polimeri (Q = 20 m<sup>3</sup>/s)  
configurazione: attuale (C1)**

Reach	River Station	Plan	Portata (m <sup>3</sup> /s)	Quota thalweg (m s.l.m.)	Quota Livello idrico (m s.l.m.)	Quota livello critico (m s.l.m.)	Quota energia (m s.l.m.)	Pendenza energia (m/m)	Velocità (m/s)
Polimeri	50000	Attuale	20	-1.00	<b>0.62</b>	-0.34	0.67	0.0697%	1.04
Polimeri	49583.3*	Attuale	20	-1.00	<b>0.62</b>	-0.34	0.67	0.0702%	1.04
Polimeri	49166.6*	Attuale	20	-1.00	<b>0.61</b>	-0.34	0.67	0.0707%	1.04
Polimeri	48750.0*	Attuale	20	-1.00	<b>0.61</b>	-0.34	0.66	0.0712%	1.04
Polimeri	48333.3*	Attuale	20	-1.00	<b>0.60</b>	-0.34	0.66	0.0717%	1.05
Polimeri	47916.6*	Attuale	20	-1.00	<b>0.60</b>	-0.34	0.66	0.0723%	1.05
Polimeri	47500.0*	Attuale	20	-1.00	<b>0.60</b>	-0.34	0.65	0.0728%	1.05
Polimeri	47083.3*	Attuale	20	-1.00	<b>0.59</b>	-0.34	0.65	0.0734%	1.05
Polimeri	46666.6*	Attuale	20	-1.00	<b>0.59</b>	-0.34	0.65	0.0739%	1.06
Polimeri	46250.0*	Attuale	20	-1.00	<b>0.58</b>	-0.34	0.64	0.0745%	1.06
Polimeri	45833.3*	Attuale	20	-1.00	<b>0.58</b>	-0.34	0.64	0.0751%	1.06
Polimeri	45416.6*	Attuale	20	-1.00	<b>0.58</b>	-0.34	0.63	0.0757%	1.06
Polimeri	45000.0*	Attuale	20	-1.00	<b>0.57</b>	-0.34	0.63	0.0763%	1.07
Polimeri	44583.3*	Attuale	20	-1.00	<b>0.57</b>	-0.34	0.63	0.0769%	1.07
Polimeri	44166.6*	Attuale	20	-1.00	<b>0.56</b>	-0.34	0.62	0.0775%	1.07
Polimeri	43750.0*	Attuale	20	-1.00	<b>0.56</b>	-0.34	0.62	0.0782%	1.07
Polimeri	43333.3*	Attuale	20	-1.00	<b>0.56</b>	-0.34	0.61	0.0788%	1.08
Polimeri	42916.6*	Attuale	20	-1.00	<b>0.55</b>	-0.34	0.61	0.0795%	1.08
Polimeri	42500.0*	Attuale	20	-1.00	<b>0.55</b>	-0.34	0.61	0.0802%	1.08
Polimeri	42083.3*	Attuale	20	-1.00	<b>0.54</b>	-0.34	0.60	0.0809%	1.09
Polimeri	41666.6*	Attuale	20	-1.00	<b>0.54</b>	-0.34	0.60	0.0816%	1.09
Polimeri	41250.0*	Attuale	20	-1.00	<b>0.53</b>	-0.34	0.59	0.0823%	1.09
Polimeri	40833.3*	Attuale	20	-1.00	<b>0.53</b>	-0.34	0.59	0.0831%	1.10
Polimeri	40416.6*	Attuale	20	-1.00	<b>0.52</b>	-0.34	0.59	0.0838%	1.10
Polimeri	40000	Attuale	20	-1.00	<b>0.52</b>	-0.34	0.58	0.0846%	1.10

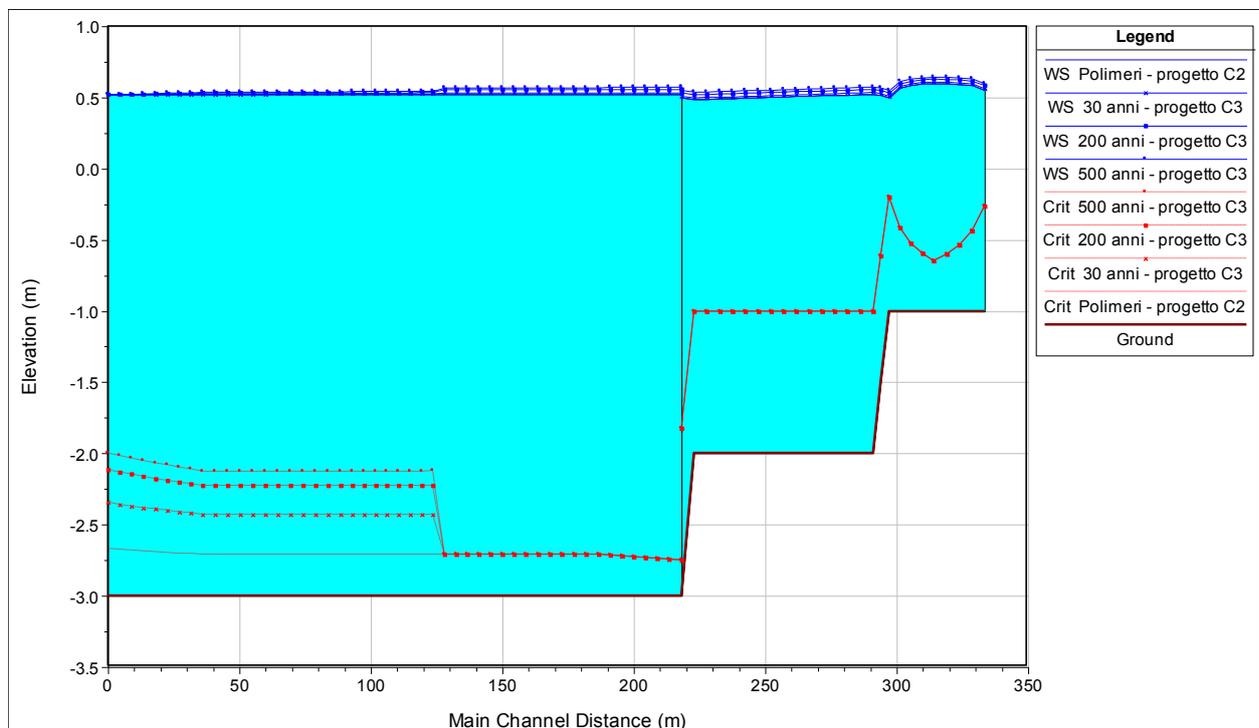
<b>Autorità di Sistema Portuale del Mar Adriatico Meridionale</b>	Ufficio di BRINDISI			<b>Relazione Idrologica-idraulica</b>					
	LAVORI PER IL COMPLETAMENTO DELL'INFRASTRUTTURAZIONE PORTUALE MEDIANTE BANCHINAMENTO E REALIZZAZIONE DELLA RETROSTANTE COLMATA TRA IL PONTILE PETROLCHIMICO E COSTA MORENA EST			09	017	DR	003	1	IDR

**tabella 3.7- Principali parametri idraulici - Canale Polimeri (Q = 20 m³/s)**  
**Configurazione: progetto C2, C3**

Reach	River Station	Plan	Profilo	Portata	Quota thalweg	Quota Livello idrico	Quota livello critico	Quota energia	Pendenza energia	Velocità
				(m³/s)	(m s.l.m.)	(m s.l.m.)	(m s.l.m.)	(m s.l.m.)	(m/m)	(m/s)
Polimeri	3000	Polimeri	progetto C2	20	-1.00	<b>0.55</b>	-0.26	0.64	0.1188%	1.29
Polimeri	3000	30 anni	progetto C3	20	-1.00	<b>0.57</b>	-0.26	0.65	0.1160%	1.28
Polimeri	3000	200 anni	progetto C3	20	-1.00	<b>0.59</b>	-0.26	0.67	0.1116%	1.26
Polimeri	3000	500 anni	progetto C3	20	-1.00	<b>0.60</b>	-0.26	0.68	0.1084%	1.25
Polimeri	2800	Polimeri	progetto C2	20	-1.00	<b>0.60</b>	-0.65	0.61	0.0088%	0.40
Polimeri	2800	30 anni	progetto C3	20	-1.00	<b>0.61</b>	-0.65	0.62	0.0086%	0.40
Polimeri	2800	200 anni	progetto C3	20	-1.00	<b>0.63</b>	-0.65	0.64	0.0083%	0.39
Polimeri	2800	500 anni	progetto C3	20	-1.00	<b>0.65</b>	-0.65	0.65	0.0080%	0.39
Polimeri	2600	Polimeri	progetto C2	20	-1.00	<b>0.50</b>	-0.20	0.59	0.1434%	1.37
Polimeri	2600	30 anni	progetto C3	20	-1.00	<b>0.51</b>	-0.20	0.61	0.1393%	1.36
Polimeri	2600	200 anni	progetto C3	20	-1.00	<b>0.53</b>	-0.20	0.63	0.1327%	1.34
Polimeri	2600	500 anni	progetto C3	20	-1.00	<b>0.55</b>	-0.20	0.64	0.1279%	1.32
Polimeri	2400	Polimeri	progetto C2	20	-2.00	<b>0.52</b>	-1.01	0.58	0.0516%	1.00
Polimeri	2400	30 anni	progetto C3	20	-2.00	<b>0.54</b>	-1.01	0.59	0.0507%	1.00
Polimeri	2400	200 anni	progetto C3	20	-2.00	<b>0.56</b>	-1.01	0.61	0.0493%	0.99
Polimeri	2400	500 anni	progetto C3	20	-2.00	<b>0.57</b>	-1.01	0.62	0.0483%	0.98
Polimeri	2200	Polimeri	progetto C2	20	-2.00	<b>0.49</b>	-1.01	0.54	0.0544%	1.02
Polimeri	2200	30 anni	progetto C3	20	-2.00	<b>0.50</b>	-1.01	0.55	0.0534%	1.02
Polimeri	2200	200 anni	progetto C3	20	-2.00	<b>0.52</b>	-1.01	0.57	0.0518%	1.00
Polimeri	2200	500 anni	progetto C3	20	-2.00	<b>0.54</b>	-1.01	0.59	0.0506%	1.00
Polimeri	2100	Polimeri	progetto C2	20	-3.00	<b>0.50</b>	-1.83	0.53	0.0276%	0.80
Polimeri	2100	30 anni	progetto C3	20	-3.00	<b>0.51</b>	-1.83	0.54	0.0272%	0.80
Polimeri	2100	200 anni	progetto C3	20	-3.00	<b>0.53</b>	-1.83	0.57	0.0266%	0.79
Polimeri	2100	500 anni	progetto C3	20	-3.00	<b>0.55</b>	-1.83	0.58	0.0261%	0.79
nuovo	10000	Polimeri	progetto C2	20	-3.00	<b>0.52</b>	-2.75	0.52	0.0002%	0.11
nuovo	10000	30 anni	progetto C3	20	-3.00	<b>0.53</b>	-2.75	0.53	0.0002%	0.11
nuovo	10000	200 anni	progetto C3	20	-3.00	<b>0.56</b>	-2.75	0.56	0.0002%	0.11
nuovo	10000	500 anni	progetto C3	20	-3.00	<b>0.57</b>	-2.75	0.57	0.0002%	0.11
nuovo	9500	Polimeri	progetto C2	20	-3.00	<b>0.52</b>	-2.71	0.52	0.0004%	0.13
nuovo	9500	30 anni	progetto C3	20	-3.00	<b>0.53</b>	-2.71	0.53	0.0004%	0.13
nuovo	9500	200 anni	progetto C3	20	-3.00	<b>0.56</b>	-2.71	0.56	0.0003%	0.13
nuovo	9500	500 anni	progetto C3	20	-3.00	<b>0.57</b>	-2.71	0.57	0.0003%	0.13
nuovo	9000	Polimeri	progetto C2	20	-3.00	<b>0.52</b>	-2.71	0.52	0.0004%	0.13
nuovo	9000	30 anni	progetto C3	20	-3.00	<b>0.53</b>	-2.71	0.53	0.0004%	0.13
nuovo	9000	200 anni	progetto C3	20	-3.00	<b>0.56</b>	-2.71	0.56	0.0003%	0.13
nuovo	9000	500 anni	progetto C3	20	-3.00	<b>0.57</b>	-2.71	0.57	0.0003%	0.13
nuovo	8500	Polimeri	progetto C2	20	-3.00	<b>0.52</b>	-2.71	0.52	0.0004%	0.13
nuovo	8500	30 anni	progetto C3	55.4	-3.00	<b>0.53</b>	-2.43	0.53	0.0028%	0.37
nuovo	8500	200 anni	progetto C3	87.2	-3.00	<b>0.54</b>	-2.22	0.55	0.0068%	0.58
nuovo	8500	500 anni	progetto C3	105.2	-3.00	<b>0.55</b>	-2.12	0.57	0.0098%	0.69
nuovo	8000	Polimeri	progetto C2	20	-3.00	<b>0.52</b>	-2.71	0.52	0.0004%	0.13
nuovo	8000	30 anni	progetto C3	55.4	-3.00	<b>0.53</b>	-2.43	0.53	0.0027%	0.36
nuovo	8000	200 anni	progetto C3	87.2	-3.00	<b>0.54</b>	-2.23	0.55	0.0067%	0.57
nuovo	8000	500 anni	progetto C3	105.2	-3.00	<b>0.54</b>	-2.12	0.57	0.0097%	0.69
nuovo	7500	Polimeri	progetto C2	20	-3.00	<b>0.52</b>	-2.71	0.52	0.0004%	0.13
nuovo	7500	30 anni	progetto C3	55.4	-3.00	<b>0.52</b>	-2.43	0.53	0.0027%	0.36
nuovo	7500	200 anni	progetto C3	87.2	-3.00	<b>0.53</b>	-2.23	0.55	0.0067%	0.57
nuovo	7500	500 anni	progetto C3	105.2	-3.00	<b>0.54</b>	-2.12	0.56	0.0097%	0.69
nuovo	7000	Polimeri	progetto C2	20	-3.00	<b>0.52</b>	-2.67	0.52	0.0006%	0.16
nuovo	7000	30 anni	progetto C3	55.4	-3.00	<b>0.52</b>	-2.34	0.53	0.0042%	0.44
nuovo	7000	200 anni	progetto C3	87.2	-3.00	<b>0.52</b>	-2.11	0.54	0.0105%	0.70
nuovo	7000	500 anni	progetto C3	105.2	-3.00	<b>0.52</b>	-2.00	0.56	0.0152%	0.84



**figura 3.21** - Profilo di rigurgito - situazione attuale (C1) -  $Q_p = 20 \text{ m}^3/\text{s}$



**figura 3.22** - Profilo di rigurgito - situazione di progetto (C2 e C3)

$Q_c = 0.0 \text{ m}^3/\text{s}$  -  $Q_p = 20 \text{ m}^3/\text{s}$  - ( $Q_{f1} = 0.0 \text{ m}^3/\text{s}$  -  $Q_{f2} = 35.4 \text{ m}^3/\text{s}$  -  $Q_{f3} = 67.2 \text{ m}^3/\text{s}$  -  $Q_{f4} = 85.2 \text{ m}^3/\text{s}$ )

Autorità di Sistema Portuale del Mar Adriatico Meridionale	Ufficio di BRINDISI LAVORI PER IL COMPLETAMENTO DELL'INFRASTRUTTURAZIONE PORTUALE MEDIANTE BANCHINAMENTO E REALIZZAZIONE DELLA RETROSTANTE COLMATA TRA IL PONTILE PETROLCHIMICO E COSTA MORENA EST	Relazione Idrologica-idraulica				
		09	017	DR	003	1

### 3.2 Studio dei flussi idrici tra il Pontile Petrolchimico e Costa Morena Est

Nel presente paragrafo sono analizzati i flussi idrici tra il Pontile Petrolchimico e Costa Morena Est al fine di verificare l'influenza delle opere previste da progetto sul regolare deflusso delle portate provenienti dal Fiume Grande e dalle opere di restituzione che sfociano all'interno dello specchio liquido in esame.

Per lo svolgimento dello studio è stato utilizzato il pacchetto applicativo Surface Water Modeling System (**SMS**), un sistema di modellazione per simulazioni di processi idraulici in due e tre dimensioni sviluppato dal US Army Corps of Engineers.

All'interno di SMS è presente il modulo **RMA-2**, dedicato alla simulazione di fenomeni idrodinamici che si verificano nel flusso di masse d'acqua superficiali. Il modulo RMA-2 è un modello numerico di circolazione idrodinamica bidimensionale agli elementi finiti che fornisce risultati mediati sulla verticale.

#### 3.2.1 Scenari di simulazione

Lo studio è stato condotto in due fasi: in un primo momento è stato analizzato lo **scenario attuale** (Figura 3.23) e successivamente è stato analizzato lo **scenario di progetto** (Figura 3.24) inserendo nel modello le nuove opere e ripetendo le simulazioni.

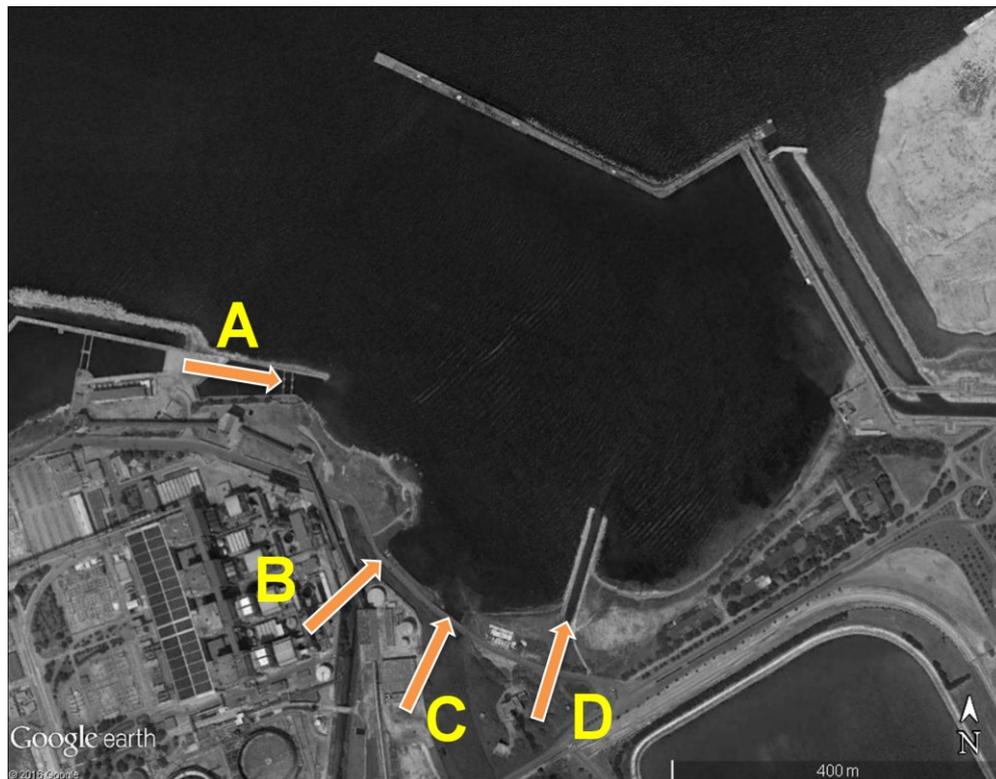


Figura 3.23. Scenario attuale e indicazione delle condizioni al contorno applicate.

(A) Opera di restituzione EDI POWER. (B) Foce Fiume Grande.

(C) Canale di scarico serbatoi Ex Montecatini. (D) Opera di restituzione centrale polimeri.

Sono stati analizzati i seguenti **scenari di simulazione**:

**Scenario A1:** portata di  $40 \text{ m}^3/\text{s}$  uscente dall'opera di restituzione dalla centrale a carbone EDI POWER.

Autorità di Sistema Portuale del Mar Adriatico Meridionale	Ufficio di BRINDISI LAVORI PER IL COMPLETAMENTO DELL'INFRASTRUTTURAZIONE PORTUALE MEDIANTE BANCHINAMENTO E REALIZZAZIONE DELLA RETROSTANTE COLMATA TRA IL PONTILE PETROLCHIMICO E COSTA MORENA EST	Relazione Idrologica-idraulica				
		09	017	DR	003	1

**Scenario A2:** portata di 40 m<sup>3</sup>/s uscente dall'opera di restituzione EDI POWER in presenza di una portata di 15 m<sup>3</sup>/s proveniente dal Fiume Grande (condizione ordinaria associata ad un tempo di ritorno di 5 anni).

**Scenario A3:** portata di 40 m<sup>3</sup>/s uscente dall'opera di restituzione EDI POWER in presenza di una portata di 15 m<sup>3</sup>/s proveniente dal Fiume Grande e di una portata di 20 m<sup>3</sup>/s uscente dall'opera di restituzione della centrale Polimeri.

**Scenario B1:** portata del Fiume Grande con tempo di ritorno 30 anni pari a 35.4 m<sup>3</sup>/s.

**Scenario B2:** portata del Fiume Grande con tempo di ritorno 200 anni pari a 67.2 m<sup>3</sup>/s.

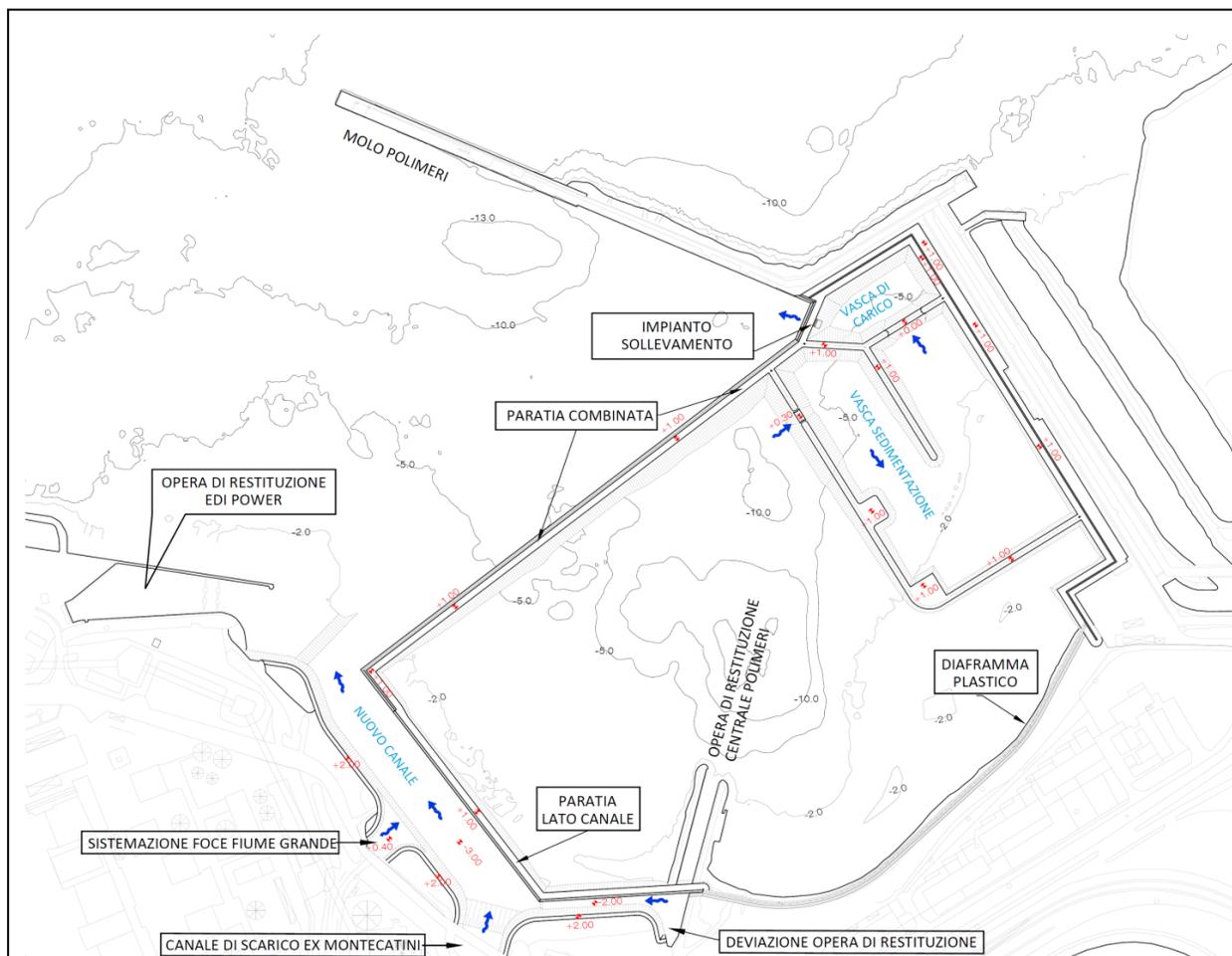
**Scenario C:** portata di 100 m<sup>3</sup>/s uscente dal canale di scarico dei serbatoi Ex Montecatini.

**Scenario D:** portata di 20 m<sup>3</sup>/s uscente dall'opera di restituzione della soc. Polimeri.

Gli attuali punti di sbocco a mare considerati sono indicati nello schema di Figura 3.23.

La configurazione di progetto (Figura 3.24) prevede la realizzazione di un nuovo canale collettore che raccoglie le portate provenienti dal Fiume Grande, dallo scarico dei serbatoi Ex Montecatini e dall'opera di restituzione della centrale polimeri.

Il canale, larghezza in superficie di circa 45 m e quota del fondo posta a -3.0 m sul l.m.m., presenta una sezione di deflusso molto più ampia delle attuali sezioni di sbocco a mare del Fiume Grande e delle opere di restituzione.



**Figura 3.24. Scenario di progetto. Sistemazione idraulica degli sbocchi a mare.**

Autorità di Sistema Portuale del Mar Adriatico Meridionale	Ufficio di BRINDISI LAVORI PER IL COMPLETAMENTO DELL'INFRASTRUTTURAZIONE PORTUALE MEDIANTE BANCHINAMENTO E REALIZZAZIONE DELLA RETROSTANTE COLMATA TRA IL PONTILE PETROLCHIMICO E COSTA MORENA EST	Relazione Idrologica-idraulica				
		09	017	DR	003	1

### 3.2.2 Definizione del dominio di calcolo e condizioni al contorno

Per l'applicazione del modulo RMA-2 è necessario discretizzare il dominio di calcolo attraverso la creazione di una griglia (*mesh*) composta da forme primitive (elementi finiti) di forma codificata (triangoli e quadrilateri).

Utilizzando i moduli di pre-processign presenti all'interno di SMS, a partire dalla configurazione attuale e dalla planimetria di progetto, sono stati schematizzati due domini utilizzati successivamente per le simulazioni.

Ai fini del presente studio sono state considerate influenti le correnti indotte dall'escursione di marea, che all'interno del porto di Brindisi risultano dell'ordine di 2-10 mm/s.

Le simulazioni sono state pertanto condotte in regime stazionario applicando lungo il contorno rappresentativo del mare aperto una condizione di carico idraulico costante (0.0 m sul l.m.m.).

Gli effetti dei flussi idrici esaminati si estinguono nell'arco di circa 500/1000 m dal punto di ingresso all'interno del dominio di calcolo. Si è pertanto deciso di schematizzare nel modello solo il *porto esterno* di Brindisi. In Figura 3.27 è rappresentata la batimetria dei fondali all'interno del dominio di calcolo.

Le portate in ingresso  $Q_A$ ,  $Q_B$ ,  $Q_C$  e  $Q_D$ , relative ai diversi scenari di simulazione analizzati, sono state inserite nelle modello di calcolo in corrispondenza degli elementi di frontiera indicati negli schemi rappresentati in Figura 3.25 e Figura 3.26 in cui è mostrata anche la mesh con cui sono stati discretizzati i domini di calcolo.

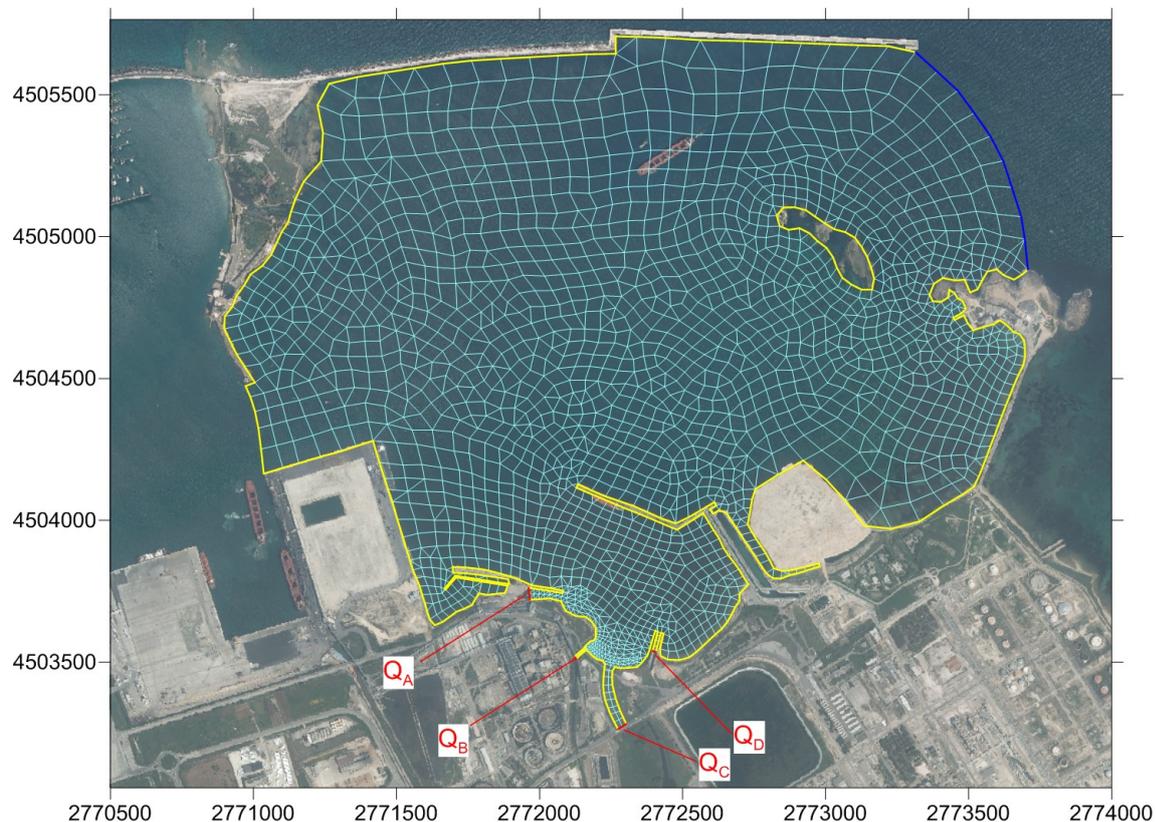
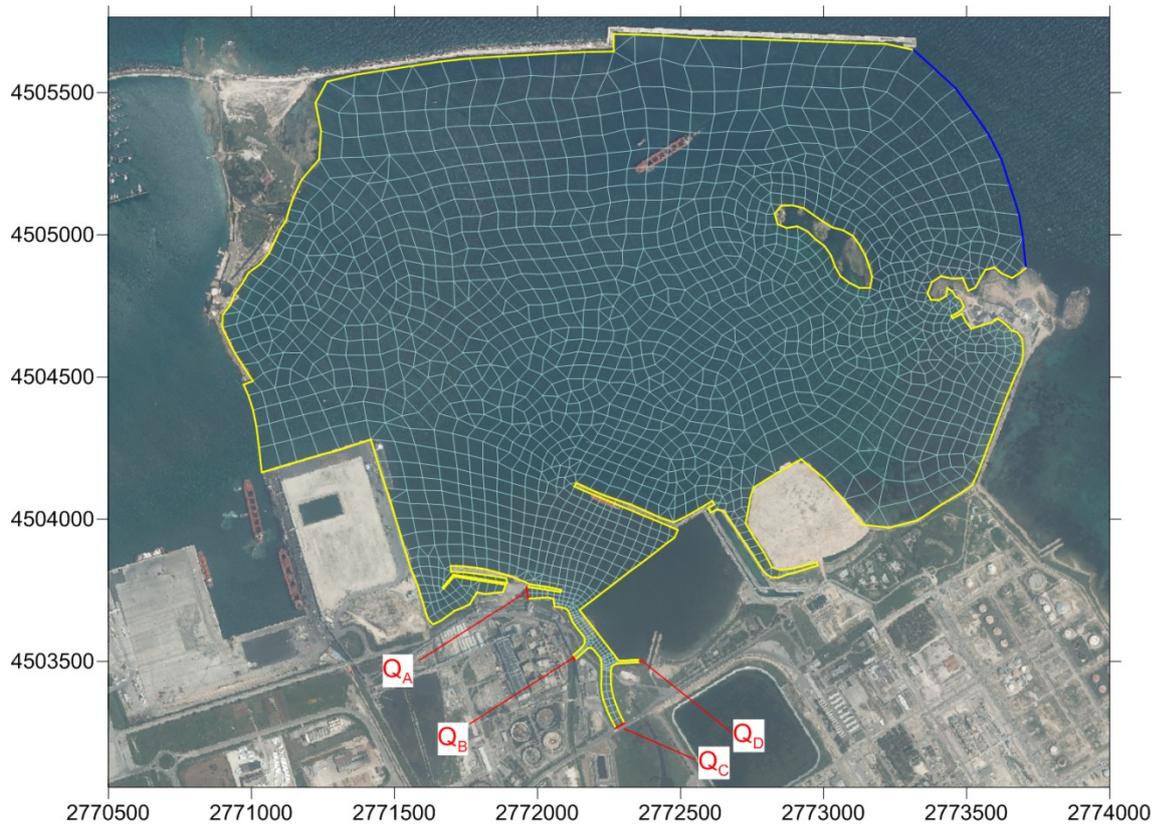
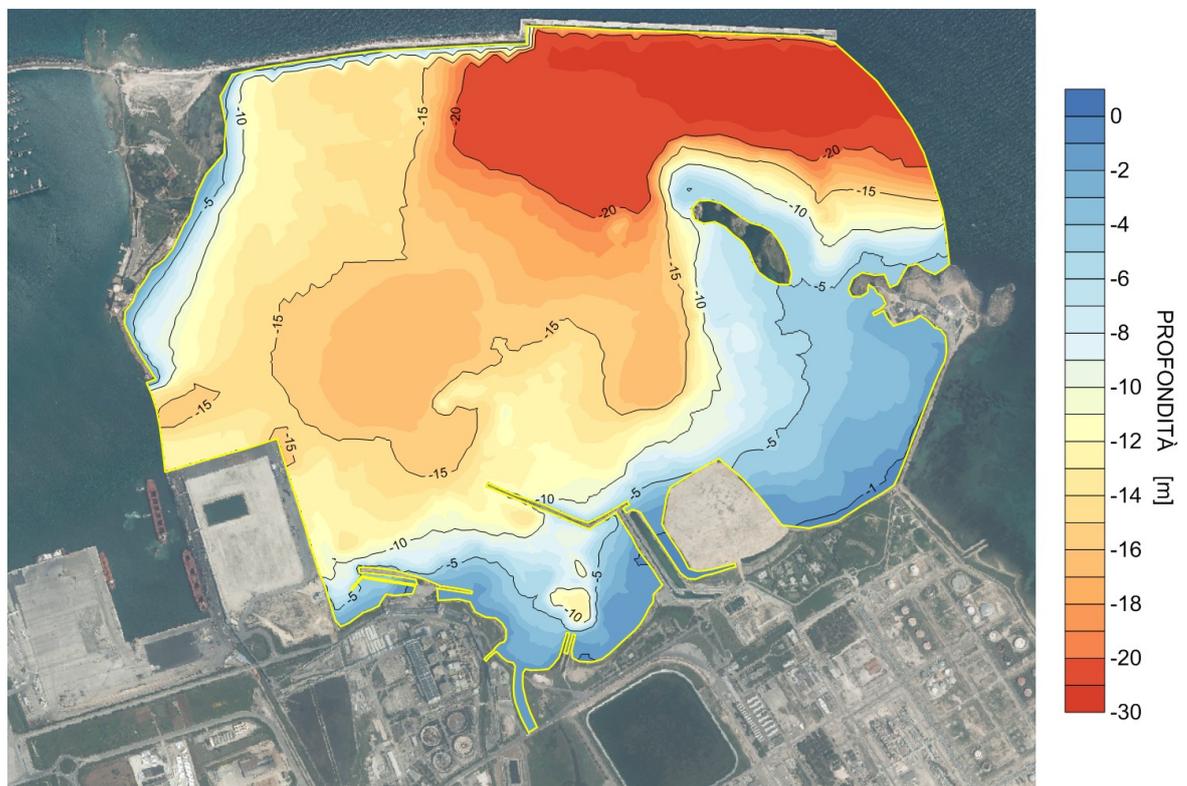


Figura 3.25. Scenario attuale: griglia di calcolo (*mesh*) e indicazione delle portate in ingresso.

<b>Autorità di Sistema Portuale del Mar Adriatico Meridionale</b>	<b>Ufficio di BRINDISI</b> LAVORI PER IL COMPLETAMENTO DELL'INFRASTRUTTURAZIONE PORTUALE MEDIANTE BANCHINAMENTO E REALIZZAZIONE DELLA RETROSTANTE COLMATA TRA IL PONTILE PETROLCHIMICO E COSTA MORENA EST	<b>Relazione Idrologica-idraulica</b>					
		09	017	DR	003	1	IDR



**Figura 3.26. Scenario di progetto: griglia di calcolo (mesh).**



**Figura 3.27. Scenario attuale: batimetria all'interno del dominio di calcolo.**

Autorità di Sistema Portuale del Mar Adriatico Meridionale	Ufficio di BRINDISI LAVORI PER IL COMPLETAMENTO DELL'INFRASTRUTTURAZIONE PORTUALE MEDIANTE BANCHINAMENTO E REALIZZAZIONE DELLA RETROSTANTE COLMATA TRA IL PONTILE PETROLCHIMICO E COSTA MORENA EST	Relazione Idrologica-idraulica				
		09	017	DR	003	1

### 3.2.3 Risultati delle simulazioni

Le simulazioni sono state condotte per iterazione successive con incrementi di portata di  $10 \text{ m}^3/\text{s}$ , utilizzando i risultati ottenuti come condizione iniziale per l'iterazione successiva. In tal modo è stato possibile assicurare la convergenza del modello di calcolo.

Al dominio di calcolo è stato assegnato un coefficiente di scabrezza di Manning uniforme pari a  $n=0,03$ , mentre per la chiusura della turbolenza idrodinamica (eddy – viscosity  $E$  [Pa.s]) è stato adottato un metodo di calcolo che, fissato il valore del numero adimensionale di Peclet, consente al modello RMA-2 di determinare il valore di  $E$  ad ogni iterazione, basandosi sulle dimensioni e le velocità ottenute all'interno di ogni singolo elemento.

Il numero di Peclet definisce la relazione tra la velocità media all'interno di un elemento, la sua lunghezza caratteristica, la densità del fluido ed  $E$ .

$$P = \frac{\rho \cdot u \cdot dx}{E}$$

Le simulazioni sono state condotte assumendo un valore di  $P = 20$  (il valore di  $P$  suggerito per l'applicazione del modello RMA-2 è compreso tra 15 e 40).

Fissato un determinato valore del numero di Peclet l'eddy-viscosity risulta direttamente proporzionale alla velocità ed alle dimensioni degli elementi. A titolo di esempio in Figura 3.28 è riportata la variazione dell'eddy-viscosity determinata dal modello per una portata uscente dal canale di sfioro del Fiume Grande (ex Montecatini)  $Q_c = 100 \text{ m}^3/\text{s}$ .

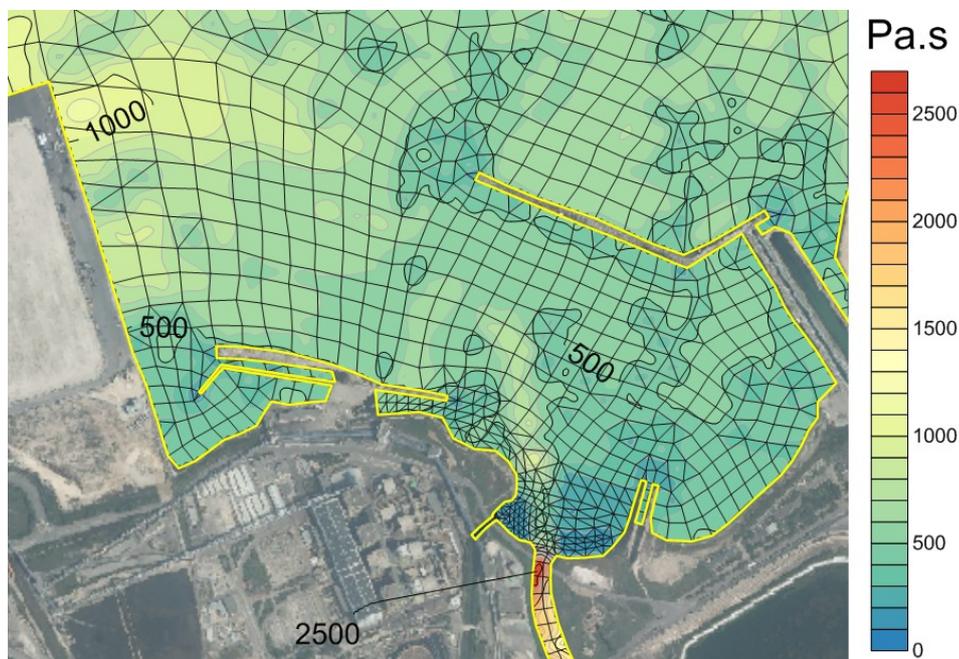
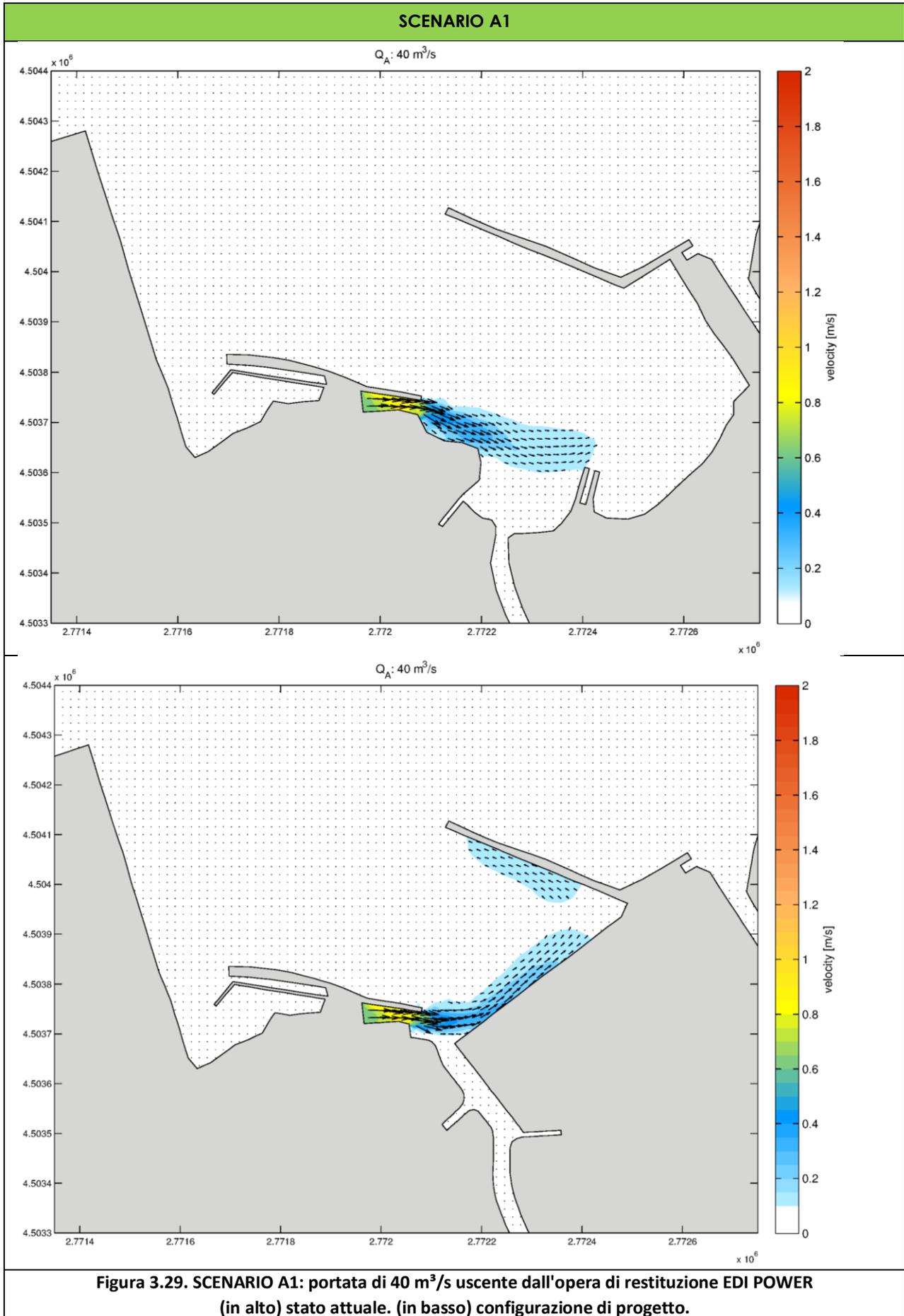
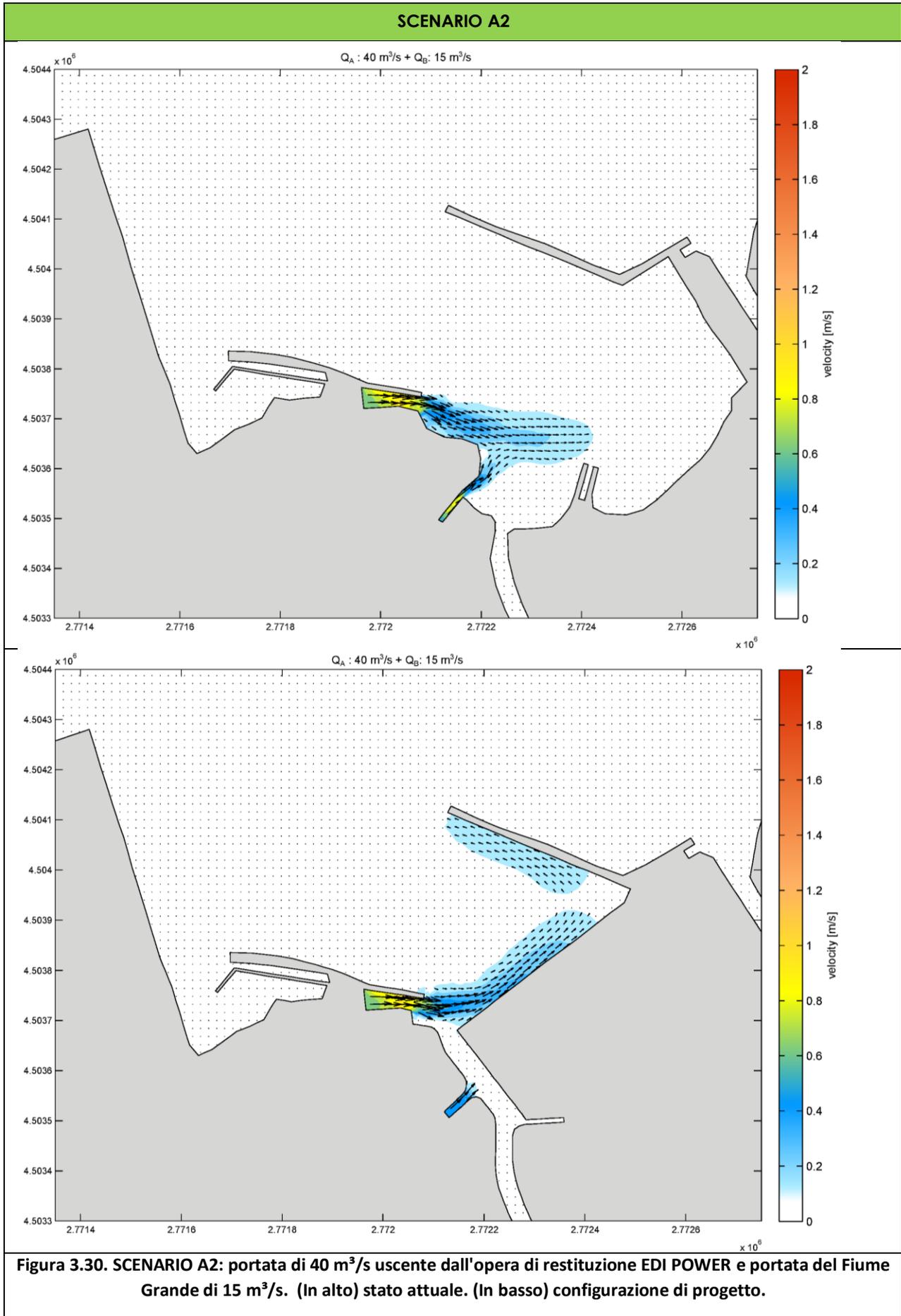


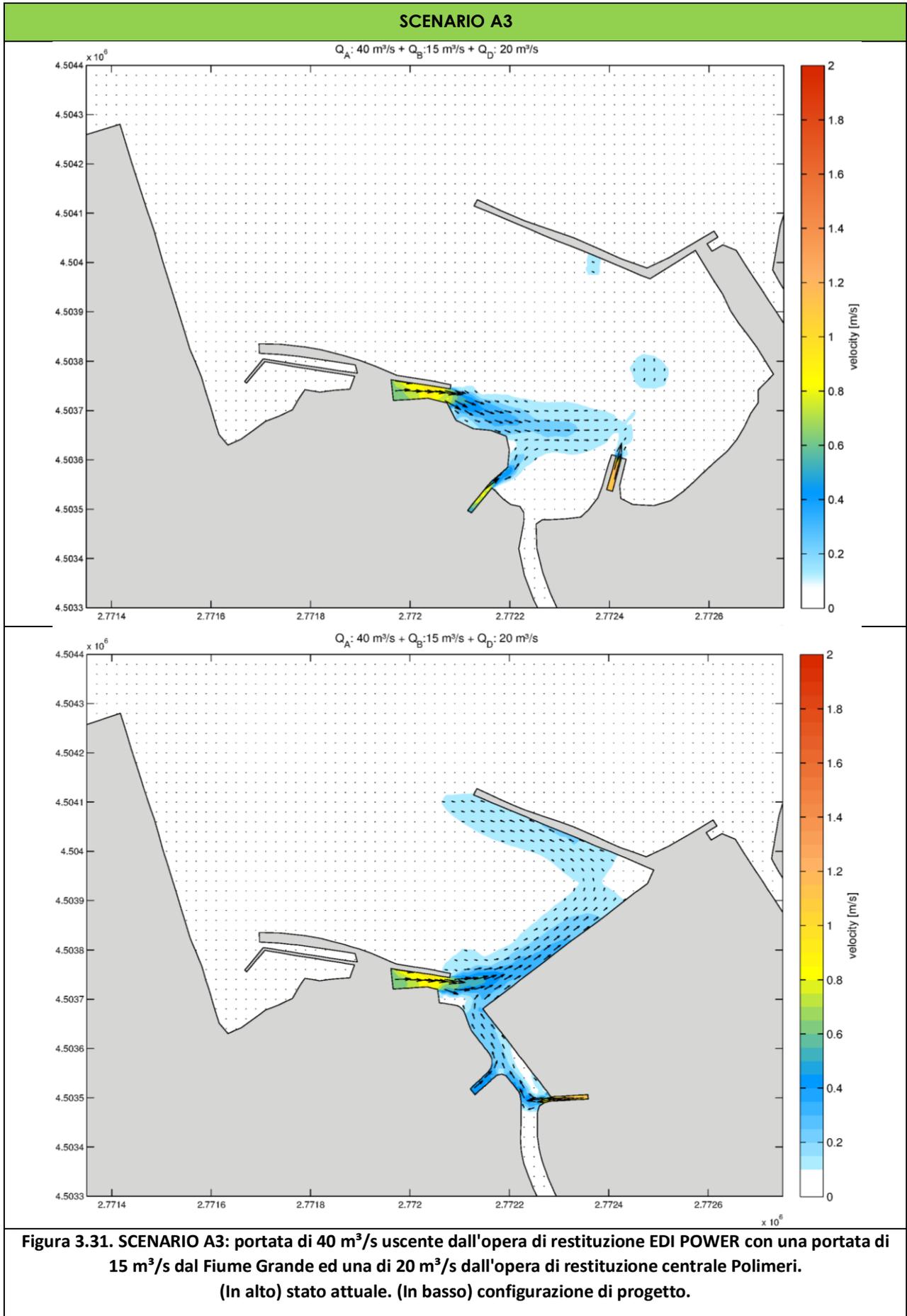
Figura 3.28. Campo di variazione dell'eddy viscosity ottenuto con una portata  $Q_c = 100 \text{ m}^3/\text{s}$ .

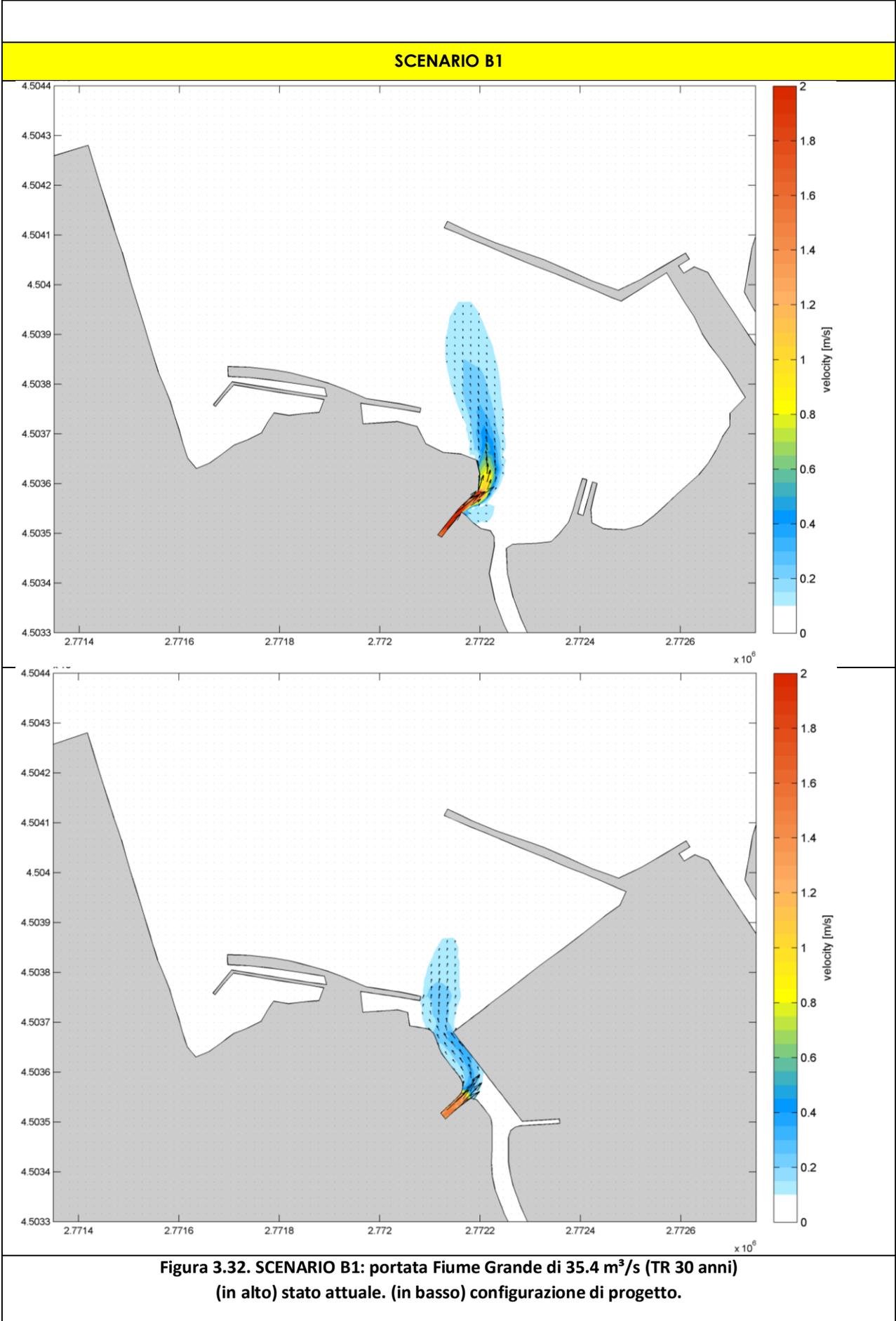
Nei grafici riportati nelle pagine successive sono rappresentati i campi di velocità ottenuti a seguito delle simulazioni condotte per i diversi scenari di simulazione analizzati.

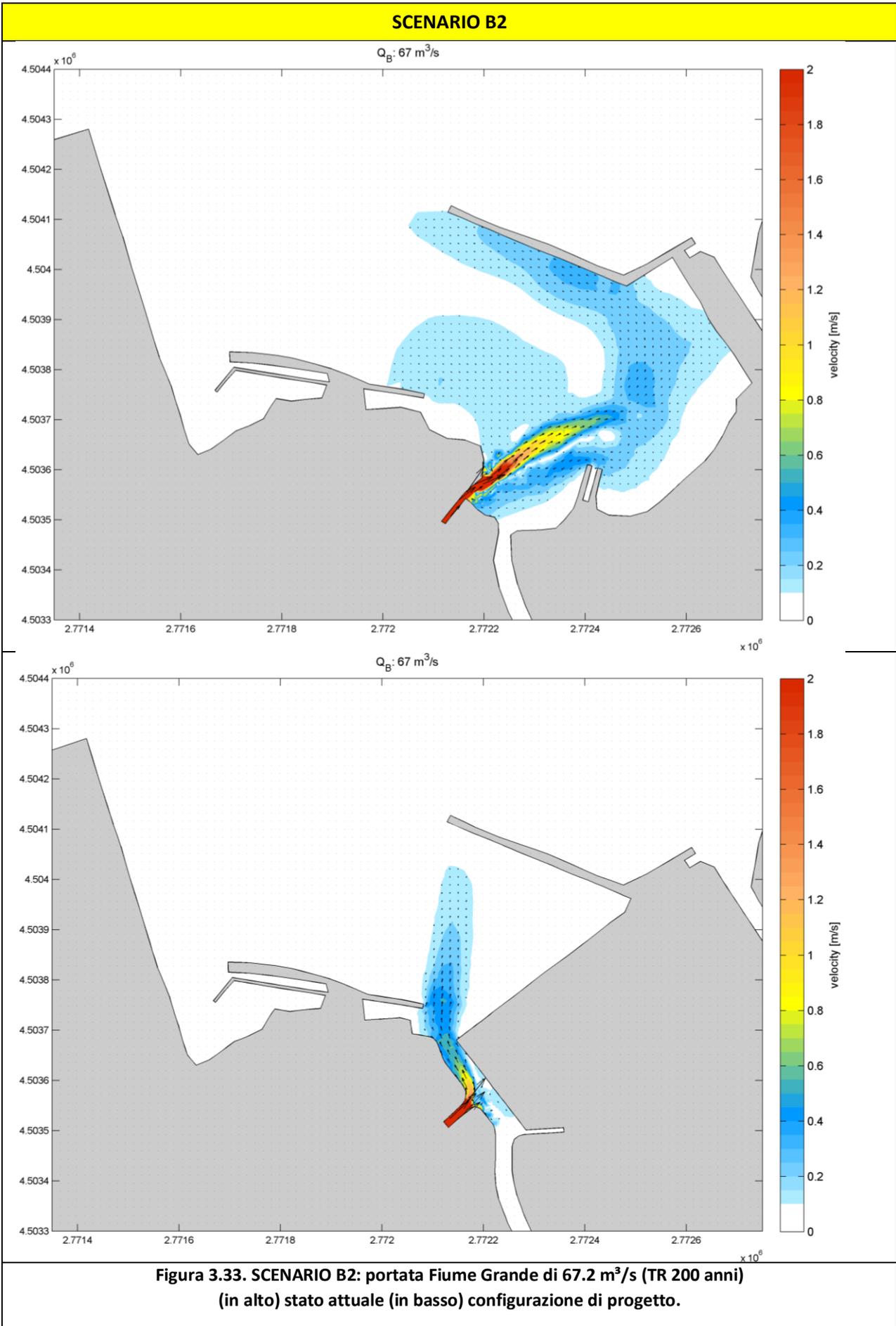
Per ogni scenario sono posti a confronto i risultati ottenuti per la situazione attuale e per la configurazione di progetto.

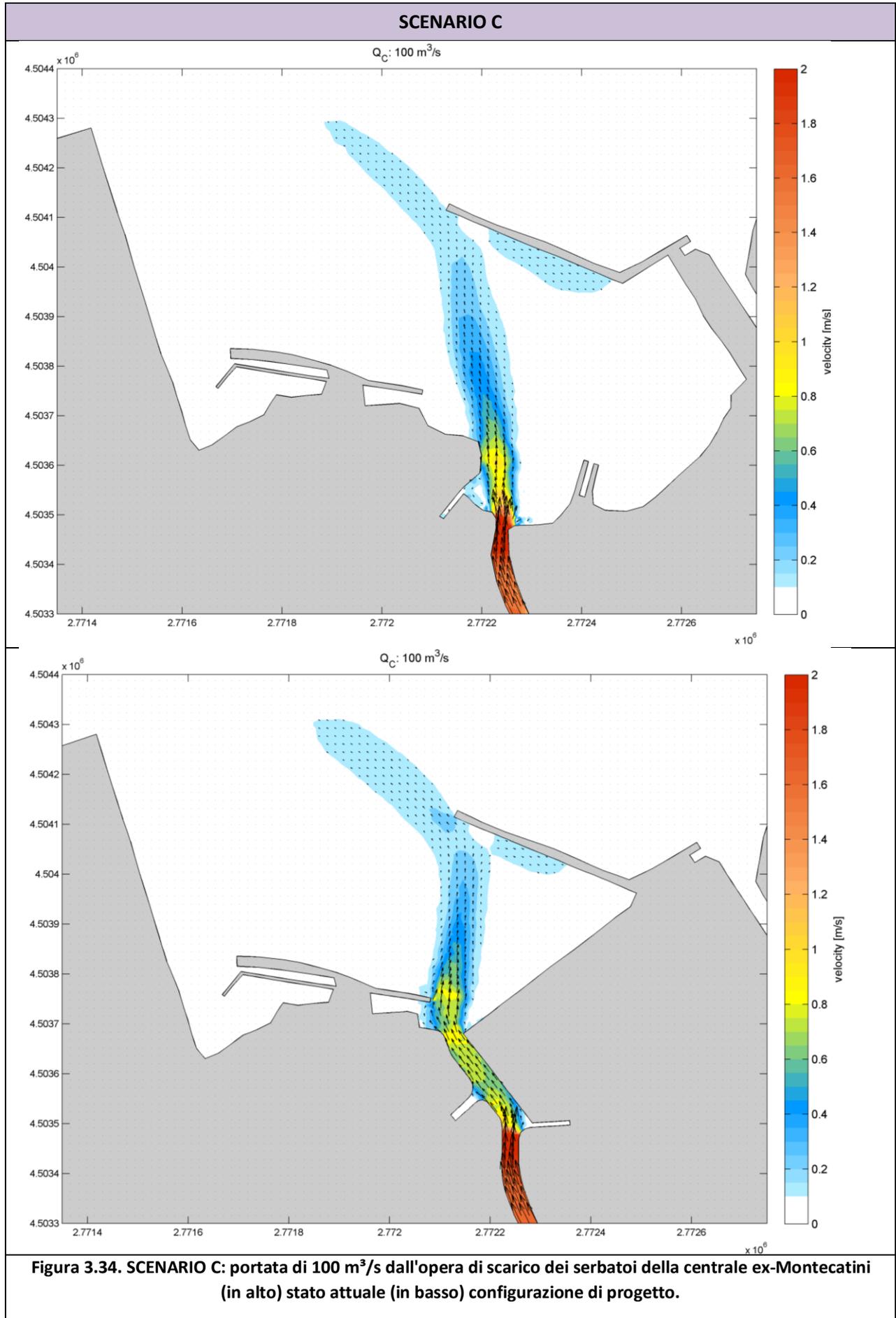














Autorità di Sistema Portuale del Mar Adriatico Meridionale	Ufficio di BRINDISI LAVORI PER IL COMPLETAMENTO DELL'INFRASTRUTTURAZIONE PORTUALE MEDIANTE BANCHINAMENTO E REALIZZAZIONE DELLA RETROSTANTE COLMATA TRA IL PONTILE PETROLCHIMICO E COSTA MORENA EST	Relazione Idrologica-idraulica				
		09	017	DR	003	1

**(in alto) stato attuale. (in basso) configurazione di progetto.**

Sulla base dei risultati illustrati è possibile fare le seguenti considerazioni per i diversi scenari analizzati:

### **SCENARIO A1, A2 e A3**

Il flusso uscente dall'opera di restituzione della centrale elettrica a carbone EDI POWER (Scenario A1 -  $Q_A = 40 \text{ m}^3/\text{s}$ ) si propaga parallelo alla costa in direzione Est con valori di velocità compresi tra 0.8 e 1 m/s allo sbocco. Il flusso si espande rapidamente al di fuori dell'opera di restituzione riducendo le velocità passando da 0.4 m/s a valori a 0.1 m/s ad una distanza di circa 400 m dalla sezione di sbocco.

La realizzazione delle nuove opere costringe il flusso in uscita a muoversi parallelo all'argine Nord della vasca di colmata. Si viene quindi ad instaurare una circolazione antioraria all'interno dello specchio liquido compreso tra il Molo Polimeri e la nuova vasca. I valori di velocità ottenuti sono molto modesti, mediamente inferiori a 0.2 m/s.

La presenza contemporanea di un portata di  $14.8 \text{ m}^3/\text{s}$  che defluisce dalla foce del Fiume Grande (A2) e di una portata di  $20 \text{ m}^3/\text{s}$  del canal Polimeri non altera significativamente il campo di velocità ottenuto con la sola portata uscente dall'opera di restituzione. Per la configurazione di progetto gli effetti dovuti a tale portata aggiuntiva sono ampiamente contenuti all'interno del nuovo canale collettore e non vanno ad interferire con il regolare deflusso delle portate uscenti dall'opera di restituzione.

### **SCENARIO B1 e B2**

Con una portata di piena del Fiume Grande pari a  $35.4 \text{ m}^3/\text{s}$  (tempo di ritorno 30 anni) si ottengono, per lo stato attuale, valori di velocità allo sbocco alquanto elevati (dell'ordine di 2.0 m/s). Il campo di circolazione che si viene ad instaurare devia il flusso uscente verso Nord con valori velocità che si riducono progressivamente fino ad annullarsi a circa 450 m dalla foce.

In presenza di una portata del Fiume Grande con tempo di ritorno di 200 anni ( $Q_B = 67.2 \text{ m}^3/\text{s}$ ), il flusso si immette all'interno dello specchio liquido in esame con forte intensità diffondendosi in direzione NE con elevati valori di velocità allo sbocco superiori a 4 m/s, che si mantengono al di sopra di 1 m/s anche ad una distanza di circa 200 m. Si instaura una circolazione antioraria che interessa anche il pontile polimeri con valori di velocità compresi tra 0.25 e 0.30 m/s.

Diversamente, come possibile osservare dai risultati ottenuti, la realizzazione del nuovo canale collettore che si sviluppa in sinistra della nuova vasca di colmata, caratterizzato da una sezione idraulica più ampia, migliora notevolmente deflusso delle portate di piena del Fiume Grande.

### **SCENARIO C**

Lo scenario C ha permesso di verificare la circolazione idrica indotta da una portata di  $Q_C = 100 \text{ m}^3/\text{s}$  uscente dall'opera di scarico dei serbatoi della ex-Montecatini. Tale condizione particolarmente gravosa (condizione di emergenza per la sicurezza dello sbarramento) è dovuta al simultaneo funzionamento dello scarico di superficie del serbatoio di regolazione e degli scarichi di fondo dei serbatoi di accumulo e di regolazione.

<b>Autorità di Sistema Portuale del Mar Adriatico Meridionale</b>	Ufficio di BRINDISI LAVORI PER IL COMPLETAMENTO DELL'INFRASTRUTTURAZIONE PORTUALE MEDIANTE BANCHINAMENTO E REALIZZAZIONE DELLA RETROSTANTE COLMATA TRA IL PONTILE PETROLCHIMICO E COSTA MORENA EST	<b>Relazione Idrologica-idraulica</b>					
		09	017	DR	003	1	IDR

Il flusso presenta nella sezione di sbocco velocità pari a circa 2.5 m/s. Il flusso si immette all'interno dello specchio acqueo e si diffonde verso Nord fino a superare la testata del Molo Polimeri, che ne provoca una deviazione verso NordOvest, riducendo progressivamente la sua velocità.

La sistemazione idraulica prevista da progetto garantisce lo smaltimento della portata senza modificare sostanzialmente la forma del "plume", andando interessare la testata del molo Polimeri ed in parte lo scarico della centrale elettrica.

La condizione simulata si presenta, solo per situazioni che potrebbero compromettere l'integrità e la sicurezza dello sbarramento e dei serbatoi.

### **SCENARIO D**

Tale scenario consente di verificare le modalità di deflusso legate allo scarico da parte della centrale Polimeri della portata di 20 m<sup>3</sup>/s.

Attualmente l'effetto della portata si esaurisce subito dopo la fine della foce armata, a causa degli alti fondali presenti (-13 m slm) nell'area prospiciente lo scarico a mare.

La situazione di progetto prevede di accompagnare il deflusso idrico lungo il nuovo canale di collegamento; il deflusso della portata appare regolare con la formazione di un "plume" di modeste dimensioni (una decina di metri), che dimostra la bontà della soluzione adottata.